

**PANORAMA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y ANÁLISIS DEL USO  
EFICIENTE DE LAS ENERGÍAS EN EL DEPARTAMENTO DE ARAUCA**

**JOAN SEBASTIAN CASTAÑEDA CARDONA**

**EDISON FERNANDO VERA CORREDOR**

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS E INGENIERIA  
INGENIERIA ELECTRONICA  
VILLAVICENCIO  
2017**

**PANORAMA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y ANÁLISIS DEL USO  
EFICIENTE DE LAS ENERGÍAS EN EL DEPARTAMENTO DE ARAUCA**

**JOAN SEBASTIAN CASTAÑEDA CARDONA**

**EDISON FERNANDO VERA CORREDOR**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título como  
Ingeniero Electrónico**

**DIRECTOR:**

**Ing. Jairo David Cuero Ortega**

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
VILLAVICENCIO, COLOMBIA  
2017**

**Nota de Aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

Jairo David Cuero Ortega  
Director Trabajo de Grado

---

Jairo David Cuero Ortega  
Jurado

**Villavicencio - 2017**

## DEDICATORIA

*Le dedico este libro a mis padres  
los cuales fueron un gran apoyo  
para poder llevar a cabo este logro tan importante,  
también a mis compañeros de estudio  
con los que compartí y viví muchos momentos  
agradables de mi carrera universitaria.*

*Edison Fernando Vera Corredor*

*Dedico este libro a mis padres  
que sin la ayuda de ellos este sueño  
no se hubiera convertido en realidad.*

*Joan Sebastian Castañeda Cardona*

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseamos agradecer principalmente a nuestras familias que nos apoyaron en todo el transcurso que nos tomó llegar hasta el final de esta etapa de pregrado.

Así mismo, agradecemos a todos los docentes y personal institucional que nos proporcionaron un acompañamiento a lo largo de la carrera, resolviendo dudas, corrigiendo nuestros errores y brindando ayuda en cualquier percance afrontado.

Al Observatorio del territorio y a su director el Ing. Cristóbal Lugo, por su colaboración para llevar a cabo la elaboración de este trabajo.

Por último, a nuestro director de proyecto, el Ing. Jairo Cuero y a las instituciones UPME e IPSE, que sin el acompañamiento de inicio a fin por parte de ellos no se hubiera logrado el desarrollo de este trabajo.

## CONTENIDO

RESUMEN .....	10
INTRODUCCIÓN .....	11
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	12
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	13
3. OBJETIVOS .....	14
<b>3.1. OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>14</b>
4. JUSTIFICACIÓN .....	15
5. MARCO DE REFERENCIA .....	16
<b>5.1. ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>16</b>
<b>5.2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>20</b>
<b>5.2.1. Departamento de Arauca .....</b>	<b>20</b>
<b>5.2.2. Crisis petrolera y cambio climático .....</b>	<b>21</b>
<b>5.2.3. Energía .....</b>	<b>24</b>
<b>5.2.4. Fuentes de energía no renovables .....</b>	<b>24</b>
<b>5.2.4. Fuentes de energía renovables .....</b>	<b>29</b>
<b>5.2.5. Energías renovables versus energías fósiles .....</b>	<b>44</b>
<b>5.2.6. Consumo energético .....</b>	<b>44</b>
<b>5.2.7. Eficiencia energética .....</b>	<b>46</b>
6. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	51
7. METODOLOGÍA .....	52
<b>7.1. OFERTA ENERGÉTICA SOLAR .....</b>	<b>52</b>
<b>7.2. OFERTA ENERGÉTICA HÍDRICA .....</b>	<b>53</b>
<b>7.2.1. Longitud horizontal 200 metros .....</b>	<b>54</b>
<b>7.2.2. Longitud horizontal 1 kilómetro .....</b>	<b>54</b>
<b>7.2.3. Longitud horizontal 5 kilómetros .....</b>	<b>55</b>
<b>7.3. OFERTA ENERGÉTICA EÓLICA .....</b>	<b>57</b>
<b>7.3.1. Escala 10 metros de altura .....</b>	<b>57</b>
<b>7.3.2. Escala 50 metros de altura .....</b>	<b>58</b>
<b>7.3.3. Escala 80 metros de altura .....</b>	<b>58</b>
<b>7.4. OFERTA ENERGÉTICA BIOMASA .....</b>	<b>59</b>
<b>7.4.1. Oferta energética agrícola .....</b>	<b>59</b>
<b>7.4.2. Oferta energética pecuaria .....</b>	<b>61</b>
<b>7.5. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA .....</b>	<b>64</b>
<b>7.5.1. Acercamiento institucional a las alcaldías del departamento de Arauca .....</b>	<b>64</b>
<b>7.5.2. Clasificación de la información .....</b>	<b>65</b>
<b>7.5.3. Descripción general del proyecto de implementación de paneles fotovoltaicos .....</b>	<b>66</b>
<b>7.6. DESCRIPCIÓN DE LA POLÍTICA PÚBLICA EXISTENTE PARA EL DESARROLLO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL DEPARTAMENTO DE ARAUCA. ....</b>	<b>68</b>
<b>7.7. USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN EL DEPARTAMENTO DE ARAUCA .....</b>	<b>74</b>
<b>7.7.1. Iluminación .....</b>	<b>74</b>
<b>7.7.2. Refrigeración .....</b>	<b>76</b>
<b>7.7.3. Ambiente .....</b>	<b>77</b>
<b>7.7.4. Cocción .....</b>	<b>78</b>
<b>7.7.5. Electrodomésticos .....</b>	<b>79</b>

7.7.6.	<i>Televisores</i> .....	80
7.7.7.	<i>Consumo general</i> .....	82
7.8.	MEDICIONES EN EL SECTOR RESIDENCIAL.....	83
7.9.	VISIÓN ENERGÉTICA NACIONAL.....	85
7.10.	MODELOS ADOPTADOS POR OTROS PAÍSES .....	88
8.	RECOMENDACIONES.....	92
9.	RESULTADOS .....	93
9.1.	OFERTA ENERGÉTICA .....	93
9.2.	APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO ACTUAL.....	93
9.3.	POLÍTICA PÚBLICA .....	94
9.4.	USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA.....	94
9.5.	VISIÓN ENERGÉTICA .....	95
	DISCUSIÓN.....	96
	CONCLUSIONES .....	97
	REFERENCIAS.....	98

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: División municipal de Arauca.....	20
Figura 2: Escenario climático de la temperatura en el departamento de Arauca .....	23
Figura 3: Tipos de energía .....	24
Figura 4: Generación del carbón.....	26
Figura 5: Proceso de producción de energía eléctrica a partir del carbón .....	27
Figura 6: Principio de funcionamiento de una central nuclear.....	28
Figura 7: Irradiación solar.....	30
Figura 8: Funcionamiento de una célula fotoeléctrica .....	31
Figura 9: Torre de energía solar con helióstatos .....	34
Figura 10: Aplicación de energía solar térmica de baja temperatura.....	34
Figura 12: Parque eólico.....	35
Figura 11: Turbina eólica para el hogar Windpod G1.....	35
Figura 13: Elementos de un aerogenerador.....	37
Figura 14: Partes de una central hidroeléctrica .....	38
Figura 15: Esquema de producción de biogás.....	42
Figura 16: Producción de etanol .....	43
Figura 17: Esquema de una central de biomasa.....	44
Figura 18: Demanda final de energía en Colombia .....	45
Figura 19: Evolución del número de usuarios de energía eléctrica en Colombia. ....	46
Figura 20: Eficiencia energética .....	47
Figura 21: Etiqueta energética de electrodomésticos .....	48
Figura 22: Esquema de instalación eléctrica eficiente.....	50
Figura 23: Etapas de la metodología.....	52
Figura 24: Radiación Global Horizontal (GHI) para el departamento de Arauca.....	53
Figura 25: Potencial hidroenergético escala LC: 200m .....	54
Figura 26: Potencial hidroenergético escala LC: 1km .....	55
Figura 27: Potencial hidroenergético escala LC: 5km .....	56
Figura 28: Puntos para implementación de proyectos energéticos.....	56
Figura 29: Densidad de energía eólica a 10 metros de altura.....	57
Figura 30: Densidad de energía eólica a 50 metros de altura.....	58
Figura 31: Densidad de energía eólica a 80 metros de altura.....	59
Figura 32: Acercamiento institucional .....	65
Figura 33: Instalación de paneles fotovoltaicos .....	67
Figura 34: Emisiones de CO2 Emisiones de CO2 para algunos países seleccionados (Mt CO2)1980-2012 ....	68
Figura 35: Objetivos .....	71
Figura 36: Implementación datalogger DL160 .....	84
Figura 37: Comportamiento del consumo de una vivienda en el departamento de Arauca .....	84
Figura 38: Objetivos .....	86



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Potencial energético de los diferentes tipos de carbón .....	26
Tabla 2: Potencial agrícola por cultivo - departamento de Arauca.....	60
Tabla 3 Proyectos energéticos encontrados para el departamento de Arauca .....	65
Tabla 4: Dispositivos eléctricos en refrigeración.....	76
Tabla 5: Dispositivos eléctricos para cocción .....	78

## RESUMEN

Diferentes organizaciones medioambientales y gran parte de los países están tratando de disminuir la emisión de gases de efecto invernadero. Por ello se han pactado una serie de actividades y compromisos para evitar el uso de combustibles fósiles, sin embargo, Colombia ha ido aumentando esta emisión durante los últimos 20 años y por ello ocupa el puesto 40 en el ranking con un 0.46% de las emisiones totales a nivel mundial, debido principalmente a la falta de apoyo de una política pública que promueva el uso eficiente de la energía. En los últimos años, el poder legislativo se ha dado a la tarea de crear una serie de leyes que han sido adoptadas por los diferentes departamentos.

En el departamento de Arauca, como una forma de solventar el problema de la cobertura energética, se han implementado los Planes de Energización Rural Sostenible que se rigen bajo la ley 1665 del 6 de julio de 2013 que promulga el estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables y la ley 1715 de 2014 y promueve el desarrollo sostenible y la mitigación de problemas en el sector energético implementando tecnologías de fuentes de energía no convencionales. Por ello se propone un panorama en donde se determina la oferta energética existente en el departamento en sus 4 componentes: solar, hídrico, eólico y biomasa, así mismo se define el actual aprovechamiento de estas energías a través de la recolección de información sobre los diferentes proyectos que se están implementando actualmente en los municipios del departamento. Adicionalmente, con base en los diferentes Planes Energéticos Nacionales se presenta una visión del futuro del sector energético.

El panorama de las energías renovables para Arauca exhibe una óptima perspectiva para soluciones de largo plazo, ya que se está afrontando de manera conjunta el cambio climático y la falta de cobertura de energía eléctrica en las zonas rurales, pero en medidas de corto plazo el departamento no está en su mejor momento, ya que, pese a tener una oferta energética considerable, el aprovechamiento de ésta es prácticamente cero en 5 de los 7 municipios del departamento.

La existencia de política pública que promueve la implementación y uso eficiente de la energía cuenta con muy poca participación en el departamento de Arauca, por lo tanto, es necesario que la gobernación y las alcaldías se articulen con los diferentes planes y convenios propuestos por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE) que tienen como objetivo aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros para ejercer una política energética que unifique energía con productividad.

## INTRODUCCIÓN

La región de la Orinoquía es un territorio que comprende en su mayoría zona rural repartida en cuatro departamentos, entre ellos tenemos al departamento de Arauca, situado en el extremo norte de la región, limita con Venezuela al Norte y al este, y al sur con los departamentos de Casanare y Vichada. Arauca, según el censo de 2005 proporcionado por el DANE tiene una población de 232.118 habitantes de los cuales 91.673 viven en el sector rural.

El departamento de Arauca cuenta con una cobertura eléctrica de 94,57%, en donde el porcentaje faltante está situado en la parte rural. Por ello, como una forma para poder alcanzar el nivel máximo de cobertura, se están implementando los Planes de Energización Rural Sostenible (PERS) propuestos por el ministerio de minas y energías y sus entidades adscritas que son el resultado de un esquema de trabajo regional e interinstitucional con el propósito de unir esfuerzos en búsqueda del fortalecimiento de las regiones.

En la región de la Orinoquía, la Universidad de los Llanos mediante el Observatorio del Territorio se encarga de la ejecución del PERS Orinoquía. Dentro de sus objetivos principales, el PERS busca establecer un panorama energético a través de la identificación de la oferta y la demanda de energía en los departamentos incluidos en el Plan. Con el análisis de la oferta se busca identificar el potencial de energía solar, eólica, hídrica y de biomasa en el territorio y con el estudio de la demanda se pretende clasificar el consumo de energía por uso y fuente. Adicionalmente, se realiza la caracterización productiva de las diferentes actividades y procesos empleados por la comunidad de la región de modo que se puedan plantear soluciones sostenibles a través del tiempo.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En Colombia, “La Ley de Industria Eléctrica No. 272 define como Sistema Interconectado Nacional (SIN) el conjunto de centrales de generación eléctrica y sistemas de distribución que se encuentran interconectados entre sí por el Sistema Nacional de Transmisión (SNT). La programación y operación integrada del SIN está a cargo del Centro Nacional de Despacho de Carga (CNDC), cumpliendo con los criterios de seguridad, confiabilidad y calidad en el suministro a la demanda.” [1]

La cobertura del SIN en el país para el periodo 2013 – 2017 es de 94,4% para un total estimado de viviendas de 11.389.657, esto deja un número aproximado de 4.523.962 familias sin servicio. Estas viviendas normalmente están ubicadas en sectores apartados o son de difícil acceso y por ello la interconexión eléctrica representa un alto costo para los operadores de red. En el departamento de Arauca, el número de viviendas que no están conectadas al SIN es de 3.497 de las cuales 2.979 son conectables al SIN y 518 no lo son.<sup>1</sup> Por otro lado existen diversos factores que no ayudan al mejoramiento de estas cifras, como lo son la falta de políticas públicas y la ausencia de un análisis real de la situación y el comportamiento energético que se presenta en la actualidad.

La razón fundamental es que la información existente sobre la demanda energética del sector rural del departamento de Arauca es poco confiable debido a que es generada a partir de proyecciones con datos del censo nacional del año 2005, por ello, no es idónea para formulación e implementación de proyectos de energización, lo que genera un bajo desarrollo de la población rural.

---

<sup>1</sup> Elaboración del Observatorio del Territorio con cifras del Plan Indicativo de expansión de Cobertura 2013-2017-PIEC, para Colombia en el año 2013, elaborado por la UPME.

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

La problemática ambiental está directamente ligada al consumo de combustibles fósiles ya que la quema de éstos genera emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La responsabilidad de Colombia frente a estas emisiones es relativamente pequeña, pero ha ido aumentando en los últimos 20 años. El país ocupa el puesto 40 en el ranking con un 0,46% de las emisiones totales a nivel mundial. [2]

Desde el punto de vista de los sectores económicos, el mayor índice de emisiones de los GEI es aportado por el sector forestal con el 36%, el sector agropecuario con un 26%, el transporte con 11%, la industria manufacturera con 11% y el sector de minas y energía con 10% de un total de 281 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> por año. [3]

Con el fin de hacerle frente a las emisiones de GEI, Colombia adoptó en el año 2015 durante la COP21 (versión 21° de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático) el tratado internacional para la reducción de las emisiones de GEI cuyo objetivo es reforzar la respuesta mundial ante la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza. Es por ello que se ha venido trabajando en distintas formas de mitigación de estas emisiones, desde leyes que promuevan la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional (Ley 1715 de 2014) hasta planes de energización rural sostenible PERS para el aprovechamiento de energías renovables en los diferentes sectores económicos de la población.

Con respecto a los Planes de Energización Rural Sostenible en la región de la Orinoquia, éste inicia en el departamento de Arauca y busca plantear un panorama de la oferta y uso de las energías renovables con base en datos encontrados en fuentes meteorológicas tales como IDEAM, UPME, SMAP, etc. También para el caso de la energía eléctrica convencional se pretende realizar un análisis del uso eficiente dentro del parque doméstico de la población del departamento de Arauca con información primaria recogida en campo, todo esto con el fin de que el proyecto PERS pueda plantear una serie de proyectos que puedan aprovechar las energías renovables y contribuir a la solución del problema de cobertura eléctrica y del cambio climático.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo General**

Plantear una perspectiva de las energías renovables mediante la recopilación de información de diferentes fuentes, la estimación del potencial de las energías existentes en el departamento de Arauca, su actual aprovechamiento y su proyección a futuro y el análisis del uso eficiente y racional de la energía según su finalidad.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- Obtener información secundaria disponible sobre estudios realizados, que estén actualmente en ejecución o proyectados para el departamento de Arauca, en el área energética, proyectos, estudios de consumo de energía, con base en diferentes fuentes.
- Llevar a cabo el acercamiento institucional de tal modo que genere una participación activa de la comunidad en las diferentes poblaciones escogidas incluyendo el sector público, representantes comunitarios y empresas regionales y locales.
- Analizar las mediciones y estimaciones recogidas en campo sobre el consumo de energía en el área rural del departamento desde el estudio del parque doméstico característico y de mayor consumo y de las Costumbres y hábitos regionales.
- Realizar un análisis en torno a la energía como factor de desarrollo, a partir del aprovechamiento de las fuentes energéticas existentes en el departamento y su incidencia en los diferentes sectores de la economía.

#### **4. JUSTIFICACIÓN**

Actualmente, el sector energético del departamento de Arauca no tiene una cobertura eléctrica del 100% debido al alto porcentaje de ruralidad del departamento y al difícil acceso hacia los diferentes municipios y veredas, como consecuencia la ampliación de la red eléctrica se torna mucho más costosa y poco rentable para la empresa.

A nivel nacional, las entidades que realizan el estudio, medición, caracterización y recopilación de información para el desarrollo energético de las regiones son la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE), las cuales recogen información sobre energía eléctrica, eólica, hídrica, solar fotovoltaica, solar térmica, de biomasa, etc. con el fin de generar proyectos sostenibles para las comunidades rurales a través de los planes de energización.

También, mediante el conocimiento y el análisis de la oferta energética de fuentes no convencionales de energía es posible ampliar la visión para buscar otro tipo de soluciones que ayuden a mejorar la cobertura de energía eléctrica en el departamento, por ello, adicionalmente se plantea presentar una perspectiva del sector político que junto a sus leyes y normas promuevan el uso de estas fuentes alternativas de energía.

Con el conocimiento de los actuales proyectos que se están desarrollando o se han planteado en el departamento junto con la capacidad de oferta energética y el apoyo de la política pública nacional y local, se puede crear un panorama de las energías renovables, hacer un análisis del uso eficiente de la energía e identificar nuevos proyectos que vayan en sintonía con la visión energética del territorio.

## **5. MARCO DE REFERENCIA**

La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) con el apoyo del Programa de Energía Limpia para Colombia de USAID, está impulsando el desarrollo de los Planes de Energización Rural Sostenibles -PERS- con la finalidad de recolectar y analizar información socioeconómica y energética en las áreas rurales con el fin de promocionar iniciativas que permitan el desarrollo de proyectos energéticos e integrales que ayuden con la solución de problemáticas energéticas en estos sectores. [4]

Los Planes de Energización Rural Sostenible PERS han sido desarrollados por diferentes entidades públicas y privadas a lo largo del país como por ejemplo la Universidad de Nariño para el PERS Nariño, el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) para el PERS Guajira y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas para el caso de PERS Cundinamarca, es por ello que la Universidad de los Llanos, como una de las universidades más importantes de la región, toma la batuta en la ejecución del PERS Orinoquia junto con el apoyo de las entidades adscritas al ministerio de minas y energías como UPME e IPSE y la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, por sus siglas en inglés)

La Universidad de los Llanos bajo el PERS Orinoquia afronta el reto de ser el primer plan destinado para cuatro departamentos: Arauca, Casanare, Meta y Vichada. En una primera instancia se aborda el departamento de Arauca por lo que es necesario iniciar un proceso de recopilación y clasificación de información disponibles en fuentes secundarias que será empleado para cumplir el propósito del PERS.

“Los PERS tienen la finalidad de recolectar y analizar información socioeconómica y energética en las áreas rurales e impulsar iniciativas que permitan el desarrollo de proyectos encaminados a la solución de problemáticas energéticas en estos sectores”, por lo tanto, es de vital importancia comprender todos los precedentes concernientes al análisis de la situación energética en el departamento, por ello en este capítulo se introducen conceptos que son necesarios a lo largo del presente trabajo y se explica la metodología empleada en el proyecto PERS. [4]

### **5.1. ESTADO DEL ARTE**

Las energías renovables proceden de fuentes naturales inagotables, las cuales son: solar, eólica, biomasa y hídrica. Son energías limpias y contribuyen al medio ambiente frente a efectos contaminantes y agotamiento de los recursos no renovables, con la aplicación y uso eficiente de estas se puede llevar a cabo una reducción significativa del consumo energético. En la actualidad las energías renovables tienen distintas formas de aprovechamiento y son desarrolladas en



diferentes países, donde se están realizando investigaciones y proyectos con el fin de potencializarlas. [5]

La red de políticas en energía renovables REN21, a nivel mundial, conecta un gran número de actores clave que buscan facilitar el intercambio de conocimiento, el desarrollo de políticas y la suma de esfuerzos para una transición rápida hacia el uso de las energías renovables. Una de las tareas de la REN21 es producir informes anuales de la situación mundial de las energías renovables, es así, como de la biomasa en el 2015 se identificó un crecimiento que ayudó a satisfacer la demanda de energía en algunos países y se logró alcanzar objetivos ambientales. Sin embargo, el sector energético en general se enfrentó a diversos retos como los bajos precios del petróleo y la incertidumbre política presente en algunos mercados. [6]

El mercado de la energía solar fotovoltaica se incrementó un 25% con respecto al 2014, rompiendo un récord de 50 GW y aumentando el total mundial a 227 GW, en el 2015 fue 10 veces mayor y aproximadamente 22 países tenían suficiente capacidad para cumplir con más del 1% de la demanda en electricidad; incluso en algunos países se presentaban cuotas mucho más altas (Italia 7,8%, Grecia 6,5% y Alemania 6,4%) y China alcanzó el 100% de electrificación. [6]

La capacidad mundial de colectores solares térmicos aumentó el interés y la implementación de sistemas a gran escala en redes de calefacción urbana e industrial, Por otro lado, las grandes inversiones marcaron una nueva era con el inicio de la construcción de una planta de generación de calefacción solar de 1 GW; china reportó alrededor del 77% de nuevas instalaciones de colectores solares de agua, a finales del año, la capacidad acumulativa de los colectores solares de agua alcanzó un estimado de 435 GW. [6]

La energía eólica fue la principal fuente de capacidad generadora de electricidad en Europa y estados unidos y la segunda más importante en china, a nivel mundial tuvo un récord de 63 GW y alcanzó un total de 433 GW, los países de la organización para la cooperación y el desarrollo económico (OCDE) fueron responsables de la mayoría de las instalaciones (liderados por china), gracias a esto surgieron nuevos mercados en américa latina, Asia y áfrica; diversas compañías y otras entidades privadas continuaron inclinándose hacia la energía eólica como una fuente de energía confiable y de bajo costo, mientras que varios grandes inversionistas se sintieron atraídos por la estabilidad de sus rendimientos. [6]

Luz María Romo, Vicente Guerrero, Félix Moya, realizaron un “análisis de la producción científica española en energías renovables, sostenibilidad y medio ambiente (Scopus, 2003-2009) en el contexto mundial” esta investigación analizó la

producción científica de España entre un periodo del 2003-2009 en el área de energías renovables, sostenibilidad (otros opinan sustentabilidad) y medio ambiente utilizando la base de datos Scopus como el pionero en su investigación. En la primera fase se muestra un estudio que compara la producción de impacto con los países más desarrollados, en la segunda fase se realizó un estudio interno de las contribuciones de las instituciones españolas, así como de las revistas utilizadas por los científicos para la publicación de trabajos. Este artículo muestra que entre los periodos del 2003-2009 el área de estudio creció a nivel mundial y España tuvo un crecimiento lineal ya que se cuadruplicó, durante el periodo ascendió desde la decimoquinta posición a la sexta, esto quiere decir que en el área de investigación tuvo un incremento, se comprueba que la colaboración internacional viene a suponer un incremento de la citación por regla general. Con estas investigaciones España entra en el grupo sobresaliente que está conformado por países de altos valores en producción, y valores medios-altos tanto en índice de especialización temática como en citación normalizada, este grupo lo conforman ciudades como Turquía, Reino Unido, India, Canadá, Italia y España. [7]

Andrea Larios Vásquez realizó investigaciones del Desarrollo y prospectivas de energía renovable en México. El patrón de la economía está dominado por la energía de fuentes fósiles, la participación de las energías renovables ha caído en lugar de incrementar sus usos, lo que no es congruente con los potenciales del territorio en energías solar, eólica y hídrica. El objetivo de esta investigación es analizar la evolución de la participación de las renovables en la generación de energía eléctrica. La importancia del sector energético en la economía de México es evidente, la economía mexicana por décadas ha estado impulsada por el auge del petróleo y los ingresos de este son una tercera parte de los ingresos estatales. Los estudios muestran un patrón no sostenible a largo plazo, la tasa de crecimiento en el consumo de energía promedio anual del 2003 al 2013 es del 2,3%, con una caída de la oferta bruta de energía de 1.3%. La producción de petróleo en 2004 alcanzó su pico productivo (con 3,3 millones de barriles de petróleo al día), y según las reservas probadas totales se tendría una producción de 10 años a los niveles actuales de extracción. Este conjunto de datos nos reafirma que en un plazo no mayor a 10 años el acceso a la energía convencional sería más complicado, lo que conlleva a la pérdida de los ingresos petroleros para el Estado. En el territorio mexicano las energías renovables tienen una alta viabilidad gracias a que el país es rico en recursos naturales. [8]

El observatorio de política socio ambiental de la universidad católica del Ecuador presentó en el año 2013 el artículo sobre el panorama de las energías renovables y de la eficiencia energética en América Latina donde se presenta el estado actual del uso de energías renovables y la creación de fondos rotatorios en electrificación rural. Así mismo muestra que en América Latina, a pesar de ser una de las menos contaminantes, enfrenta grandes riesgos y desafíos al momento de mitigar y

adaptarse a los cambios climáticos por venir. Esto es consecuencia de una alteración climatológica que ocasiona efectos significativos, crecientes e irreversibles sobre las actividades económicas, la población y los ecosistemas; tres ámbitos que según CEPAL (2009) y Naciones Unidas (2010) son particularmente sensibles en este subcontinente. [9]

En el artículo presentado por la universidad ICESI llamado “Análisis de la variación de la eficiencia en la producción de biocombustibles en América Latina”, se realiza la medición de las variaciones de la eficiencia de los países productores de biocombustibles en Latinoamérica, se utiliza la metodología no paramétrica de análisis envolvente de los datos (DEA), esto permite calcular la frontera de la eficiencia de Brasil, Colombia, Argentina, Ecuador, México, Paraguay, Perú, Bolivia y Uruguay. La información obtenida de la base de datos Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT) del año 2010 muestra que los países con mayor liderazgo con deficiencias iguales a uno en la producción de biodiesel y bioetanol son Brasil y Perú, los demás países mostraron bajos niveles de eficiencia en la producción de biocombustibles. La eficiencia en la producción de biocombustibles en América Latina conlleva a revisar los procesos de producción, las tecnologías aplicadas, cuáles son los métodos utilizados para la optimización de los procesos que implican el uso racional de los insumos forestales, agrícolas, residuos orgánicos y sus tecnologías utilizadas en la producción de biocombustibles de primera y segunda generación. La evaluación de la productividad y el desempeño de los países productores de biocombustibles en América Latina le ayuda al fortalecimiento de sus políticas de crecimiento energético y económico y a la toma de decisiones acertadas en la innovación de tecnologías y materias primas, estas decisiones estarán referidas a la disponibilidad de los recursos económicos determinantes de las distintas combinaciones de productos finales. [10]

Con el plan de acción indicativo de eficiencia energética 2017 – 2022 de la UPME Colombia hace un replanteamiento de la política de Eficiencia Energética, que incluye un novedoso arreglo institucional con la participación de actores como un gestor de información. Las empresas de servicios energéticos como brazo ejecutor de los planes y programas, se abre un nuevo mercado y la posibilidad del cumplimiento de las metas de Eficiencia Energética definidas para cada sector de la economía. Este plan considera la eficiencia energética como mecanismo para asegurar el abastecimiento energético, puesto que se sustenta en la adopción de nuevas tecnologías y buenos hábitos de consumo, con el fin de optimizar el manejo y uso de los recursos energéticos disponibles. La eficiencia energética constituye un vehículo para aumentar la productividad y competitividad nacional, y es una de las principales estrategias de mitigación de impactos ambientales en la cadena energética. [11]

## 5.2. MARCO TEÓRICO

### 5.2.1. Departamento de Arauca

El departamento de Arauca está situado en el extremo norte de la región de la Orinoquía colombiana, tiene una superficie de 23.818 Km<sup>2</sup> y limita por el norte y el este con la República Bolivariana de Venezuela, por el sur con los ríos Meta y Casanare, que lo separan del departamento del Vichada y Casanare y por el oeste con el departamento de Boyacá. [12]

*Figura 1: División municipal de Arauca*



*Fuente: Elaboración propia. Datos: IGAC*

Administrativamente, el departamento está dividido en 7 municipios: Arauca -ciudad capital-, Arauquita, Cravo Norte, Fortul, Puerto Rondón, Saravena y Tame; un corregimiento, 77 inspecciones de policía, numerosos caseríos y sitios poblados. Según datos del DANE, la población proyectada para 2004 del departamento es de 273.136 habitantes, de los cuales, 3.591 son indígenas de 26 resguardos diseminados en el departamento.

El relieve de Arauca está constituido por tres conjuntos morfológicos; la cordillera Oriental, el piedemonte y la llanura aluvial. La cordillera Oriental en el occidente, representa aproximadamente la quinta parte de la superficie departamental y comprende elevaciones desde los 500 m, en límites con el piedemonte, hasta los 5.380 m, en la Sierra Nevada del Cocuy, que cubre también el departamento de Boyacá y que tiene entre sus accidentes más notables los cerros de La Plaza, La

Piedra, El Diamante, Los Altos, Nievecitas y Los Osos, y las cuchillas Altamira y El Salitre. El área de piedemonte está cubierta de vegetación de sabana y bosque ecuatorial y la llanura aluvial que se extiende desde el piedemonte hasta los límites con Venezuela, está cubierta por vegetación de sabana inundable y por bosque en las laderas de los ríos y caños. Las zonas planas y de llanura del departamento, particularmente en cercanías con el Casanare, han sido las principales zonas de despliegue de los grupos armados ilegales con presencia en Arauca.

Las principales cuencas hidrográficas del departamento son el río Arauca, con una longitud de 238 Km, el río Casanare, con una longitud de 240 Km, el río Capanaparo, con una longitud de 75 Km y el río Cinaruco, con una longitud de 68 Km, los cuales se nutren de numerosos caños, cañadas y ríos de menor envergadura.

La explotación petrolera, la ganadería, la agricultura, los servicios y el comercio, son en su orden, las cinco actividades económicas más importantes del departamento. La importancia del petróleo se refleja en su aporte al PIB departamental, el cual depende en gran medida de dicha actividad. La actividad ganadera se centra en la cría, levante y engorde de vacunos; su comercialización se dirige principalmente hacia Puerto López, Bucaramanga y Cúcuta y la producción agrícola se destina principalmente a satisfacer la demanda local.

### **5.2.2. Crisis petrolera y cambio climático**

Colombia a diferencia de otros países está más expuesta a la caída de los precios del petróleo. El sector minero energético ha sido la fuente de prosperidad económica pese a que se ha desaprovechado. Las medidas adoptadas para mitigar la crisis van a ser adversas, pero el gobierno insiste en una estrategia suave. La crisis no es coyuntural y el país, desde el gobierno hasta su población, necesita asumir un cambio de pensamiento para adaptar su economía a una nueva realidad y así poder proteger el bienestar al que se ha acostumbrado, priorizando la inversión en educación e infraestructura. [13]

El departamento de Arauca es uno de los más importantes en la historia de la producción de hidrocarburos del país, pues gracias al descubrimiento del yacimiento de Caño Limón en el año de 1983, Colombia tuvo un cambio radical en la economía de este sector, pues de ser un país importador se convirtió en uno exportador alcanzando en sus mejores momentos un 66% del PIB departamental, dejando en un segundo plano los otros sectores de agricultura y ganadería.

Debido a la alta importancia de esta actividad, tanto nacional como departamental, el departamento ha sido objetivo de los grupos guerrilleros como el Ejército de Liberación Nacional (ELN) y las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia

(FARC), incidiendo en los temas de conflictividad social entre las comunidades y las empresas, principalmente en la situación en donde la comunidad alega una participación local en sus actividades, inversión social, etc.

Mayoritariamente, los municipios del departamento definen su vocación en torno a la producción agrícola (cacao, plátano, yuca, entre otros) y pecuaria (bovino, caballar, bufalino, porcino y aviar), y en menor medida, al sector servicios (Gobernación de Arauca, s. f.). En este sentido, tanto la población como las autoridades locales demandan inversiones dirigidas a potenciar los proyectos productivos y generar las condiciones de infraestructura vial y de almacenamiento que les permitan ser competitivos a nivel nacional. [14]

Respecto al tema anterior, hay inconformidades relacionadas con las disposiciones de la Ley de Regalías para el acceso y distribución de estos recursos. Las autoridades departamentales de Arauca se han expresado en medios nacionales para manifestar su preocupación por el impacto que tendrá en los proyectos de inversión que se esperaba desarrollar en el departamento con estos recursos, que tuvieron una reducción superior al 60% (El Tiempo, 2012).

De acuerdo a Alfonso Avellaneda en su artículo *“Petróleo e impacto ambiental en Colombia”* describe que la actividad petrolera independientemente del lugar en el que se hace la explotación origina una serie de daños ambientales con el fin de generar empleo, fortalecer el fisco nacional, departamental y municipal a través de regalías y generación de divisas al país. En general los efectos ambientales que la actividad petrolera en Colombia y en el departamento de Arauca ha causado sobre los ecosistemas y el hombre se refieren a:

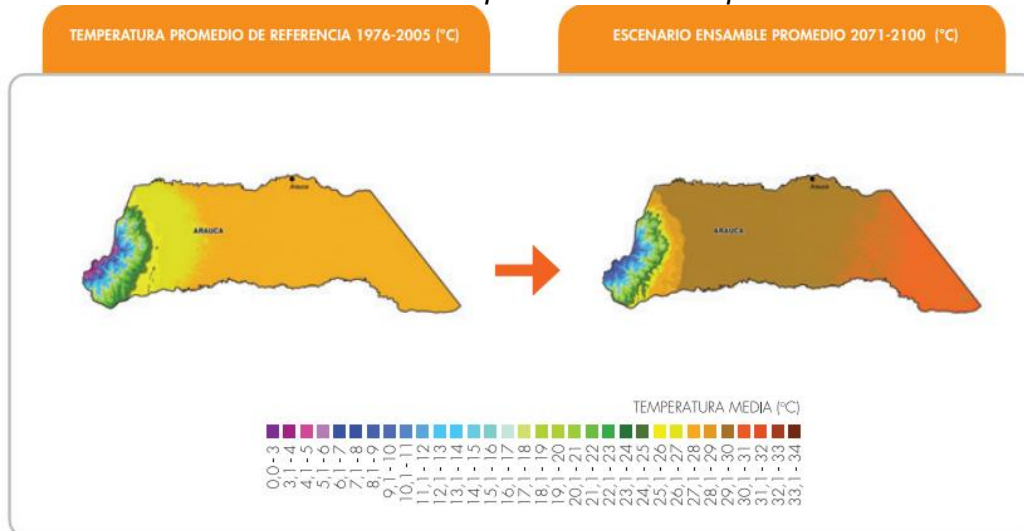
- Remoción de cobertura vegetal y construcción de trochas de penetración cuyo principal afectado son los Parques Nacionales Naturales y zonas de Reserva Forestal.
- Alteración de los patrones naturales de drenaje que en los casos más severos ha conducido al secamiento de grandes humedales, el caso de Caño Limón, construido sobre el sistema de humedales en el municipio de Arauquita.
- Inducción de procesos de desestabilización de subcuencas y de procesos de erosión en áreas de fallas geológicas o de pendientes en los piedemontes y lomos de la cordillera Oriental.
- Contaminación de aguas superficiales y acuíferos por inexistencia o deficiencia en el tratamiento de las aguas asociadas a la explotación y refinación del petróleo, el principal afectado en el departamento de Arauca es la cuenca del Río Arauca, seguido de la cuenca del Río Meta.

- Salinización de suelos por aguas asociadas al petróleo en lugares abiertos o bajos pantanosos.

La explotación, junto con el uso de los combustibles fósiles ha llevado al departamento a sufrir toda esta serie de efectos adversos en todos sus ámbitos (sociales, culturales, económicos, etc) así mismo, la generación de gases de efecto invernadero (GEI) ocasiona el cambio climático que se hace presente en el departamento de Arauca.

En estudios realizados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) determina que la mayoría del departamento de Arauca podrá aumentar hasta un 2,6% para fin de siglo, principalmente para los municipios de Arauca, Cravo Norte, Puerto Rondón y Arauquita. En los siguientes 25 años (2011 – 2040) la temperatura podrá aumentar en promedio de 0,9 °C. Con respecto a la precipitación, que, aunque no se presenta en mayor medida, si se prevé que aumente hasta un 10% sobre los municipios de Saravena, Fortul y Tame.

*Figura 2: Escenario climático de la temperatura en el departamento de Arauca*



*Fuente: IDEAM*

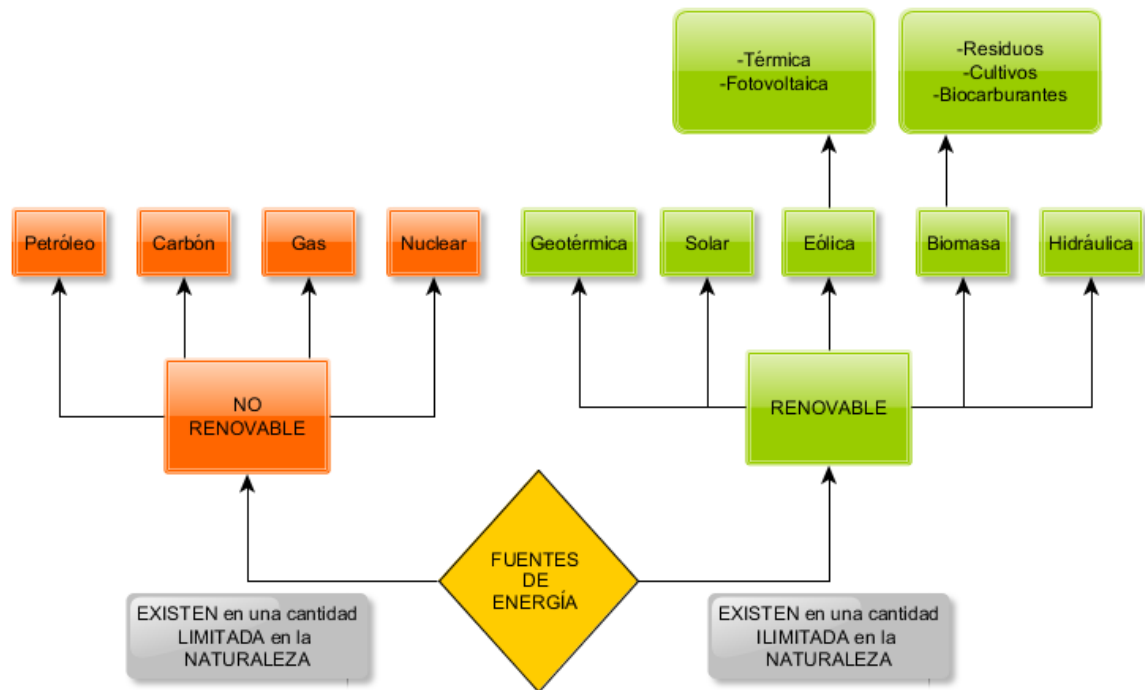
Las comunidades que habitan los municipios que aumentarán más de dos grados para el fin de siglo, podrán verse afectadas dada la restricción alimentaria y el cambio en los ciclos reproductivos de las especies en general, tanto animales como vegetales. El sector ganadero y los cultivos extensivos podrán verse afectados por posibles sequías, en particular los límites de los municipios de Arauca y Cravo Norte. En general la actividad de extracción petrolera deberá estar atenta a la prestación de servicios ecosistémicos conexos, como el de provisión hídrica dados los aumentos de temperatura.

### 5.2.3. Energía

La energía es un recurso natural primario o derivado de él, que se emplea para realizar una tarea o para ser usado en actividades económicas independientes de la producción energética. La energía no es un consumo final sino un recurso intermedio para satisfacer otras necesidades en la producción de bienes y servicios.

Las fuentes energéticas se clasifican según incluya su uso irreversible o no ciertas materias primas, como es el caso de combustibles o minerales radiactivos. Para ellos tenemos dos grandes grupos de fuentes energéticas explotables: las fuentes de energía renovable y las fuentes de energía no renovables.

*Figura 3: Tipos de energía*



*Fuente: Proyecto de capacitación, módulo 6: Energía renovable y no renovable*

### 5.2.4. Fuentes de energía no renovables

Los recursos energéticos no renovables son aquellos que se agotarán en un plazo de tiempo mediano o corto, es decir, limitado debido a que su consumo implica la desaparición completa de este recurso sin posibilidad de renovación. Entre otras de sus características está la producción de forma residual por su consumo de



emisiones y residuos que dañan el medioambiente. Las energías no renovables se refieren a los denominados combustibles fósiles y al uranio.

**Petróleo:** El petróleo es, actualmente, la principal fuente de energía, y la materia prima más importante objeto de comercio entre los países. Más de la mitad de la energía que mantiene en actividad a nuestra civilización proviene de esta fuente energética no renovable. Se trata, entonces, de un recurso estratégico cuya carencia provocaría el declive de la economía mundial. [15]

La formación de un yacimiento de petróleo lleva cientos de millones de años y una vez que ha sido detectado por medio de diferentes técnicas de prospección geológica, se hacen pozos profundos utilizando torres de perforación. Después de la extracción el petróleo es separado del gas y del agua para posteriormente ser utilizado como combustible o llevado a refinerías que a través de diferentes procesos logran convertir este recurso en diferentes subproductos.

Para el potencial energético del petróleo se tiene que 1 Kg de petróleo a 11 KWh o 39.600 KJ. [16]

La explotación del petróleo puede producir daños ambientales graves, en la tierra, mar y aire, estos daños se producen (o pueden hacerlo) en todas las fases. En la extracción (problemas de vertidos en los pozos de petróleo, tanto los situados en la tierra como en el mar); en el transporte del crudo (rotura de oleoductos, hundimiento de petroleros); en la de refinado (averías en las refinerías y lanzamiento de productos nocivos a la atmósfera); y en la fase de combustión, con el lanzamiento a la atmósfera de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> en forma gaseosa y cenizas volátiles (además del propio calentamiento del aire con los gases de escape). [16]

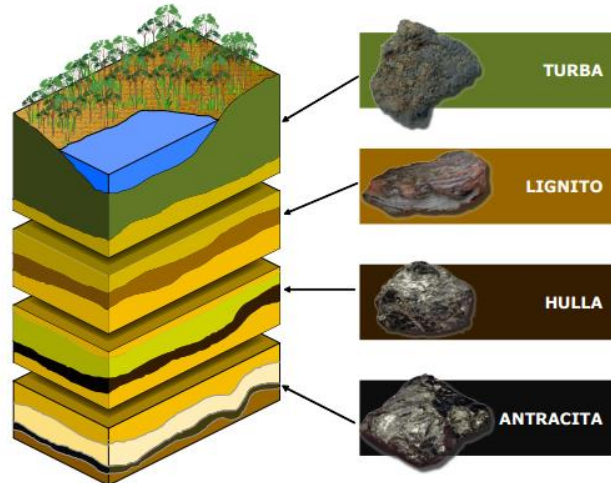
Las principales aplicaciones del petróleo son: transporte (terrestre, marítimo y aéreo), calefacción, plásticos, fibras textiles artificiales, pinturas, detergentes, explosivos, fertilizantes, asfaltos, etc. De esta manera, los derivados del petróleo se utilizan prácticamente en todos los sectores de actividad.

**Carbón:** El carbón es un combustible fósil que se formó hace millones de años por transformación de masas vegetales enterradas bajo el subsuelo, y sometidas a procesos de descomposición y presión.

La generación del carbón se da en diferentes tipos de carbones dependiente de la presión, profundidad y temperatura, comenzando por la turba, que es el material vegetal más cercano a la superficie y que presenta pérdida de agua y gases. Cuando las turberas se hunden, el aumento de presión y temperatura ocasionan en mayor medida la expulsión de O<sub>2</sub> y N<sub>2</sub> formándose así el lignito y los carbones

pardos. Si el material sigue en aumento de presión y temperatura, se eliminan más gases transformando el carbón pardo en carbón bituminoso hulla. Ya para la fase final de compresión y expulsión de gases da lugar a la antracita, material que se caracteriza por tener un gran potencial calorífico pero difícil de arder. [17]

*Figura 4: Generación del carbón*



*Fuente: Programas y actividades de educación ambiental, Capítulo 14 Energía del carbón*

Como se explicó anteriormente, el carbón se encuentra en diferentes tipos dependiendo de su formación, es por esto que no tienen el mismo potencial energético, a continuación, se presenta el potencial energético correspondiente a cada tipo de carbón:

*Tabla 1: Potencial energético de los diferentes tipos de carbón*

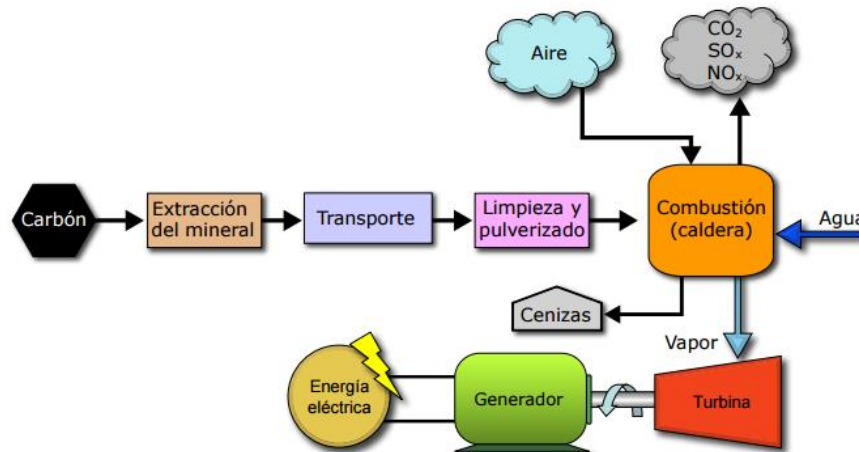
<b>Tipo de carbón</b>	<b>Energía en KJ</b>	<b>Energía en KWh</b>
Madera	19.770	5,49
Turba	18.663	5,18
Lignito	27.200	7,55
Hulla	32.100	8,91
Antracita	32.560	9,04

*Fuente: Programas y actividades de educación ambiental, Capítulo 14 Energía del carbón*

El proceso de explotación de este combustible como fuente de energía primaria comprende las siguientes fases:

- Extracción del material en la mina.
- Transporte hasta la central.
- Procesado del carbón hasta convertirse en polvo fino.
- Combustión del polvo fino en una caldera para su conversión en calor (genera vapor de agua recalentado y a alta presión).
- Conversión del vapor en energía mecánica por medio de turbinas.
- Conversión de la energía mecánica en energía eléctrica mediante el empleo de un generador.
- Por último, transporte de la electricidad producida al exterior

*Figura 5: Proceso de producción de energía eléctrica a partir del carbón*



*Fuente: Programas y actividades de educación ambiental, Capítulo 14 Energía del carbón*

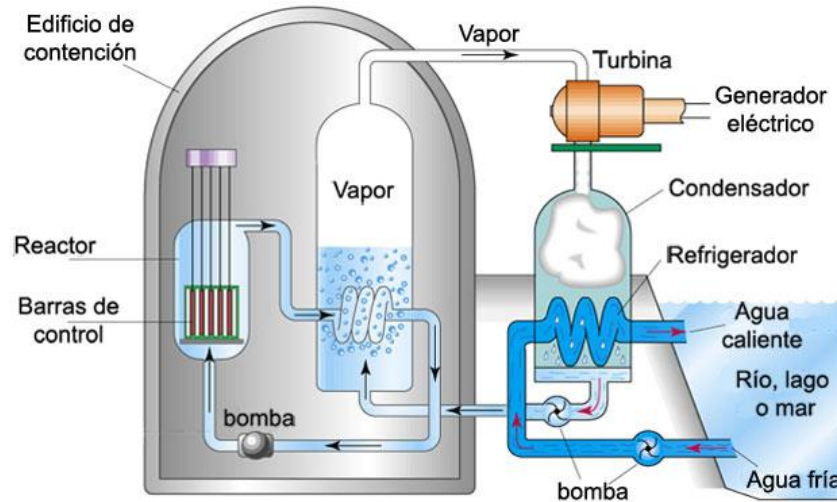
Las plantas de electricidad cuya base es el carbón contaminan con miles de toneladas al año de dióxido de carbono y otras sustancias nocivas, solo en E.E.U.U existen 600 plantas de energía a carbón y en el mundo son miles de estas, lo cual explica el rápido deterioro ambiental.

El carbón es el más contaminante de los combustibles, no solo por las toneladas de  $\text{CO}_2$  sino por otras sustancias altamente tóxicas como el mercurio y el hollín entre otras que son emitidas a la atmósfera. Aunque el carbón cuenta solamente con un 31% de eficiencia energética, esto no es razón suficiente para dejar el uso de este combustible, pues a diferencia de las demás fuentes energética esta cuenta con una cantidad abundante de reservas, sumándole que su costo de explotación es mucho más barato. [18]

**Energía nuclear de fisión:** La energía nuclear de fisión es aquella que se genera mediante un proceso en el que se desintegran los átomos de un material

denominado uranio. Este proceso de división nuclear también se le denomina proceso exotérmico lo que implica una liberación de gran cantidad de energía en forma de calor y que es aprovechada en las centrales nuclear para hervir agua en la que se encuentra en los reactores. Al hervir, el agua genera vapor con el que se mueven las turbinas alojadas en el reactor, consiguiendo así producir electricidad.

*Figura 6: Principio de funcionamiento de una central nuclear*



*Fuente: [https://energia-nuclear.net/como\\_funciona\\_la\\_energia\\_nuclear.html](https://energia-nuclear.net/como_funciona_la_energia_nuclear.html)*

De una manera más descriptiva, el proceso para obtener la energía se obtiene al bombardear, con neutrones a gran velocidad, los átomos de ciertas sustancias; algunos de estos neutrones alcanzan el núcleo atómico y lo rompen en dos o más partes. Se libera una gran cantidad de energía y algunos neutrones. Estos neutrones pueden chocar con otros núcleos que se romperán produciendo más energía y más neutrones que chocarán contra otros núcleos, estos se le llama reacción en cadena.

Para que se lleve a cabo dicha reacción es necesario usar sustancias radiactivas. Estas sustancias son muy peligrosas para el hombre si no se manejan de forma adecuada. La sustancia más usada es el uranio-235 ( $^{235}\text{U}$ ), aunque también se usa el uranio-233 ( $^{233}\text{U}$ ) y plutonio-239 ( $^{239}\text{Pu}$ ).

En todas estas reacciones, una pequeña parte de masa se transforma en energía según la ecuación  $E = mc^2$ . Por eso se obtienen tan grandes cantidades de energía. Tomando como referencia 1 kg de carbón produce 30.000 KJ, es decir, 8,33 KWh. Mientras tanto, 1 kg de uranio-235 produce 80.000 GJ, lo que equivale a 22 GWh. [19]

El principal problema que conlleva esta energía es que deja residuos radiactivos como producto de la fisión nuclear, se dividen en tres tipos, residuos de baja, media

y alta actividad radiactiva. Los dos primeros no representan mayor amenaza, pero los de alta si son bastante riesgosos, pues aparte de que dura más de 30 años en empezar su semidesintegración, en ocasiones emite calor y producen emisiones de rayos alfa, gamma y beta de un espectro de vida muy largo, por lo que se tienen que mantener aislados para evitar contaminaciones, por ello la medida que se opta es almacenarlos en lugares especialmente construido para que no haya posibilidad de fuga.

#### **5.2.4. Fuentes de energía renovables**

Las energías renovables son aquellas que proceden de fuentes naturales tales como el sol, el aire, el agua, la biomasa, etc. Contribuyen a cuidar el medio ambiente de una manera limpia, es decir, que su explotación no genera un subproducto dañino como lo son los Gases de Efecto Invernadero (GEI) y su principal característica es que no se agotan con el tiempo, es decir, se consideran inagotables.

En este momento el porcentaje de energías renovables en el mundo es del 14% del total de energía generada. La energía hidráulica es la de mayor capacidad instalada ( $>1,5$  TW), seguidas de la eólica ( $>400$  GW) y la biomasa ( $>400$  GW), la solar ( $>100$  GW) y en un menor porcentaje la energía geotérmica ( $>20$ GW) y la energía oceánica. También se están desarrollando tecnologías auxiliares para el almacenamiento de energía como las pilas de combustible. [20]

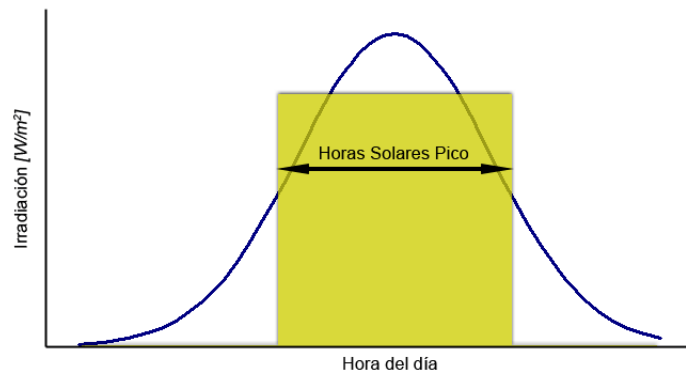
El consumo de energía es necesario para el desarrollo económico y social por lo que es necesario que mediante esta generación y explotación de energía no conlleve consecuencias o daños colaterales, pues será una práctica que se dará por siempre en pro al desarrollo de la humanidad.

Dependiendo de los recursos naturales utilizados, se distinguen distintos tipos de energías renovables

**Energía solar:** La irradiancia o irradiación es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de radiación solar y se mide en  $W/m^2$ . Como se puede ver en la

Figura 7, la Hora Solar Pico (HSP) o también conocida como “pico horas de sol” es el momento en que en pleno sol la irradiación toma un valor igual o superior a  $1.000 W/m^2$ .

*Figura 7: Irradiación solar*



*Fuente: <http://eliseosebastian.com/hora-solar-pico-uso-en-paneles-solares-fotovoltaicos/>*

El planeta tierra recibe una cantidad considerable de energía solar anual que está sobre los 1,6 millones de kWh, en los que solo el 40% es aprovechable lo que implica que es una cantidad supremamente mayor a la necesaria para satisfacer la demanda energética mundial.

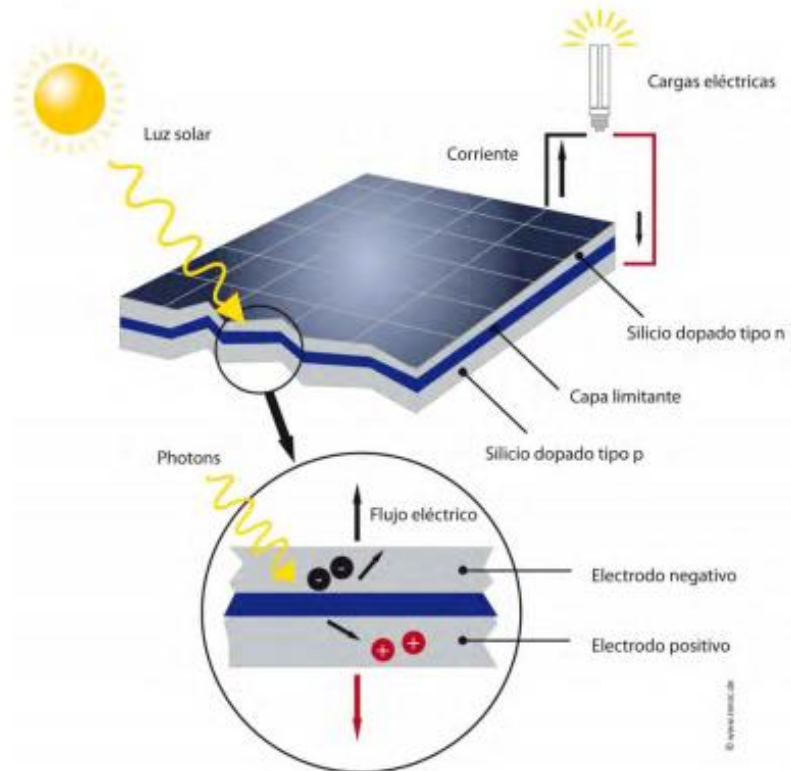
La energía solar es una energía renovable, obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación proveniente del sol. Debido al recurso usado para explotar esta energía se puede decir que se dividen en dos tipos, energía solar fotovoltaica y energía solar térmica.

**Energía solar fotovoltaica:** Con la tecnología fotovoltaica, la luz de Sol es convertida directamente en electricidad. La luz que llega a las celdas solares libera su energía a los electrones que éstas contienen. Dichos electrones, una vez conectados a una carga, generan una corriente eléctrica. Dicho proceso no requiere necesariamente radiación solar directa, aún en condiciones de luz difusa, como cielos nublados, es posible obtener hasta un 50 % de la producción de un día normal.

Cada celda solar es conectada eléctricamente y encapsulada en un módulo fotovoltaico. Esto las protege contra el ambiente y les permite una vida funcional de más de 30 años. Las garantías típicas de manufactura en pruebas de durabilidad son de 25 años. [21]

Una célula fotoeléctrica o celda solar, es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía lumínica en energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico. Esta célula se caracteriza por estar compuesta de un material que presenta este efecto, de modo que absorbe fotones y emite electrones que una vez liberados son capturados y el resultado es una corriente eléctrica.

*Figura 8: Funcionamiento de una célula fotoeléctrica*



*Fuente: Energía solar fotovoltaica como fuente de energía renovable global, RENAC*

Los componentes de un sistema fotovoltaico dependen del tipo de aplicación que se requiere (conectada o no a la red) y de las características de la instalación. Una instalación típica de un sistema aislado está compuesta por diferentes dispositivos que están destinados a producir, regular, acumular y transformar la energía eléctrica, estos dispositivos son:

- **Celda fotovoltaica o fotoeléctrica**  
Es donde se produce el efecto fotoeléctrico gracias a materiales semiconductores como el silicio, es decir, se genera la corriente eléctrica.
- **Placa fotovoltaica**

Es el conjunto de celdas fotovoltaicas que conectadas entre sí generan una mayor cantidad de corriente eléctrica continua.

- **Regulador de carga**  
Como su nombre lo indica, es aquel que mantiene un flujo constante de corriente evitando sobrecargas y descargas.
- **Baterías**  
Son el elemento de almacenamiento de energía eléctrica.
- **Ondulador o inversor**  
Transforma la corriente continua en corriente alterna para emplearla en dispositivos electrónicos convencionales.

Al ser un sistema es necesario realizar un análisis de oferta y demanda energética para poder implementar un sistema eficiente, para el caso de un hogar se puede seguir los siguientes pasos:

1. Cálculo de consumos estimados.
2. Radiación solar disponible.
3. Cálculo de celdas fotoeléctricas o paneles solares necesarios.
4. Capacidad de los acumuladores o baterías.
5. Selección del regulador e inversor.

Según la Renewables Academy, la energía solar fotovoltaica será indispensable en la configuración futura de la energía debido a los siguientes aspectos propios de ella:

- Su enorme potencial, la energía solar es prácticamente infinita.
- Sus aplicaciones son escalables, desde sistemas pequeños hasta plantas solares de producción eléctrica.
- Su producción descentralizada disponible en el lugar de generación, sin cargos extras por su distribución o pérdidas asociadas a su transmisión.
- La factibilidad de suministrar energía en áreas remotas a la red eléctrica.
- Ningún daño ambiental, reducción de gases invernadero, libre ruido y emisiones.
- Períodos de recuperación energética cortos, alrededor de 3 años.
- Tecnología probada, confiable y rentable
- Bajos costos de mantenimiento.



Esta tecnología al igual que las demás también presenta ciertas desventajas a la hora de ser implementada entre ellas tenemos:

- Requiere de una gran inversión inicial.
- Es necesario que se implemente en un lugar donde la radiación sea óptima para el sistema.
- Si la vemos como un proyecto a gran escala, el territorio necesario para generar una gran cantidad de potencia es relativamente inmenso.
- En algunos lugares, la fuente de energía puede ser difusa.
- Posee ciertas limitaciones con respecto al consumo ya que no puede utilizarse más energía de la acumulada en los periodos de radiación.

Al ser un sistema independiente para la generación de energía eléctrica, pueden o no estar conectados a la red eléctrica doméstica, por ello la diferencia varía un poco en la interconexión del sistema, pero su finalidad solamente difiere en el trato que es dado por la empresa prestadora de servicio eléctrico.

**Energía solar térmica:** La tecnología que emplea la energía solar térmica es para el aprovechamiento de la radiación solar y llevarla a forma de calor el cual es usado para calentar un fluido de tal forma que se genera vapor a altas temperaturas capaz de poner en funcionamiento turbinas o generadores eléctricos. De acuerdo a la temperatura de aprovechamiento se puede clasificar en alta, media y baja siendo los límites respectivos así:

- Hasta 100° C: baja temperatura.
- Desde 100° C hasta 300° C: de media temperatura.
- Mayores a 300° C: de alta temperatura.

Los sistemas solares térmicos de alta temperatura hacen referencia a grandes instalaciones donde el principal elemento es una torre paraboloide, o un campo de helióstatos que concentran la radiación solar en una torre central, que puede alcanzar temperaturas superiores a los 4.000° C; normalmente se tratan de sistemas con una caldera central de la que se obtiene vapor a alta temperatura para usos térmicos o producción de electricidad. En cuanto a las aplicaciones de mediana temperatura, normalmente se utilizan colectores parabólicos, los que concentran la radiación solar en un tubo colector encargado de recibir y transmitir el calor, alcanzando valores de temperatura de hasta 300° C. [22]

En la

Figura 9 se puede apreciar la forma de una central de energía solar térmica que emplea espejos llamados helióstatos que reflejan la luz solar a un mismo punto para realizar uso del calor como medio para generación de energía eléctrica.

*Figura 9: Torre de energía solar con helióstatos*



*Fuente: <https://solar-energia.net/energia-solar-termica/alta-temperatura>*

El uso más común de este tipo de energía en áreas rurales es de baja temperatura y es usada únicamente como alternativa para calentar agua o como medio de calefacción como se puede ver en la siguiente figura.

*Figura 10: Aplicación de energía solar térmica de baja temperatura*



*Fuente: <http://www.empresascastellon.com/tienda/implica-t---descubre-el-ahorro-energetico-calefaccion-de-baja-temperatura-con-apoyo-de-energia-solar-2489.ficha>*

Las ventajas de esta energía al igual que la anterior son muy semejantes pues comparte la particularidad de ser renovables y usar la misma fuente, sin embargo, se tienen las siguientes:

- Es una energía autónoma y descentralizada que procede de una fuente inagotable
- Permite la reducción de gases productores de efecto invernadero.
- Aporta valor añadido a la vivienda.
- Contribuye a un desarrollo sostenible.
- El costo de operación y mantenimiento disminuye a medida que la tecnología va avanzando, en tanto el costo de los combustibles aumenta con el paso del tiempo al ser éstos cada vez más escasos.
- El costo de operación y mantenimiento disminuye a medida que la tecnología va avanzando, en tanto el costo de los combustibles aumenta con el paso del tiempo al ser éstos cada vez más escasos.

La energía solar térmica comparte las mismas desventajas de forma general con la energía solar fotovoltaica.

**Energía eólica:** Es la energía obtenida a partir del desplazamiento del viento, es decir, energía cinética por el efecto de corrientes de aire y que es aprovechada de varias formas para las actividades humanas. En la actualidad la energía eólica es principalmente usada para la generación de electricidad mediante generadores conectados a las grandes redes de distribución de energía eléctrica.

Esta energía puede ser explotada en masa, como lo son los grandes parques eólicos que suponen una energía barata y competitiva, pero también es explotada en menor escala como lo son en pequeñas instalaciones eólicas que proporcionan la cantidad suficiente de energía en lugares remotos donde la red eléctrica no alcanza a llegar.

*Figura 11: Parque eólico*



*Fuente:*

*<http://www.energiaestrategica.com/pampa-energia-analiza-inversion-en-parque-eolico-por-200-millones-de-dolares-en-bahia-blanca/>*

*Figura 12: Turbina eólica para el hogar Windpod G1*



Para poder aprovechar esta energía es

*Fuente:*

*<http://erenovable.com/turbina-eolica-para-el-hogar/>*

importante conocer varios parámetros de ella, entre estos tenemos, las variaciones diurnas, nocturnas y

estacionales de los vientos, la variación de la velocidad con respecto a la altura sobre el suelo y lo más importante, los valores máximos ocurridos en series históricas de datos con una duración mínima de 20 años (mediciones multianuales).

Cuando hablamos de la velocidad del viento es necesario que presente unos valores promedio mínimo para poder aprovechar dicho desplazamiento, esta velocidad depende del aerogenerador o turbina eólica que se vaya a utilizar, estos valores suelen empezar entre los 3 m/s o 10 km/h y los 4 m/s o 14,4 km/h, es decir velocidad llamada “cut-in speed” y que no supere los 25 m/s (90 km/h), velocidad llamada “cut-out speed”.

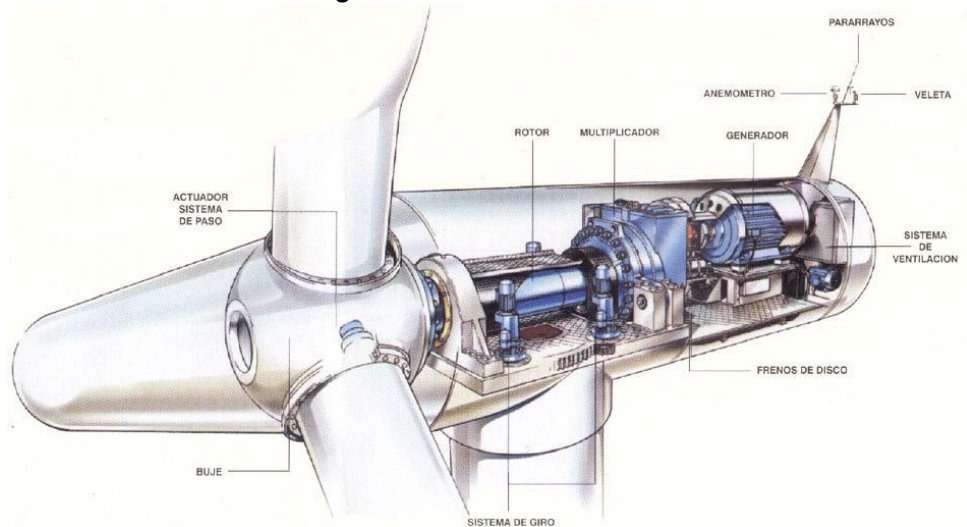
El aprovechamiento de la energía eólica se hace mediante el uso de máquinas eólicas o aeromotores capaces de transformar la energía eólica en energía mecánica de rotación. La forma de usar este movimiento de rotación comprende un generador eléctrico y adicionalmente se instala un sistema de control con la posibilidad de ser conectada o no a la red eléctrica.

En términos generales el funcionamiento de un generador eólico es similar a un motor eléctrico conectado de manera inversa; cuando a un motor se le aporta electricidad comenzará a generar energía por rotación, mientras que, si al generador se le aporta energía de rotación, éste entrega energía eléctrica a cambio. [23]

Los elementos que posee un sistema aerogenerador son los siguientes:

- Sistema hidráulico: Se encarga de la rotación de las paletas en su propio eje a la velocidad del viento
- Rodamiento principal: Punto de apoyo en el que se inserta el eje.
- Multiplicadora: Es un juego de engranajes responsables de incrementar la velocidad del movimiento rotatorio principal.
- Motor: Se emplea para poner el aerogenerador en dirección correcta a la que proviene el viento.
- Freno: Instrumento que evita que el aerogenerador se ponga en riesgo cuando detecta una corriente de viento mayor a la soportada.
- Sistema de enfriamiento: Por la fricción de los engranajes se genera calor que debe ser controlado para garantizar el funcionamiento del aerogenerador, este sistema se encarga de regular la temperatura.
- Generador: El componente más importante del sistema, pues toma el movimiento de rotación y lo convierte en energía eléctrica.
- Instrumentos meteorológicos: Son sensores que se encargan de medir los parámetros del viento, es utilizado por el motor para direccionar el aerogenerador.

*Figura 13: Elementos de un aerogenerador*



Fuente: <https://www.tecnicasei.com/aerogeneradores-de-baja-potencia/>

Algunas ventajas de la energía eólica son:

- Es renovable y abundante.
- No utiliza combustión.
- Es limpia, no contamina.
- Es posible implementar en zonas áridas o no cultivables.
- Los aerogeneradores poseen una vida útil de 30 años.

Y sus desventajas:

- Es discontinua, su intensidad y dirección cambian repentinamente.
- Debido a la baja densidad del viento, producir elevadas cantidades de electricidad a través de los molinos requiere espacios de mucha extensión.
- Los efectos estéticos que provoca la construcción de una planta eólica en el campo, los sonidos que emiten los generadores, las interferencias electromagnéticas producidas por las antenas. Las aves de la zona también corren riesgo de mortalidad por los impactos con las palas de los generadores, aunque se pinten en colores muy llamativos.

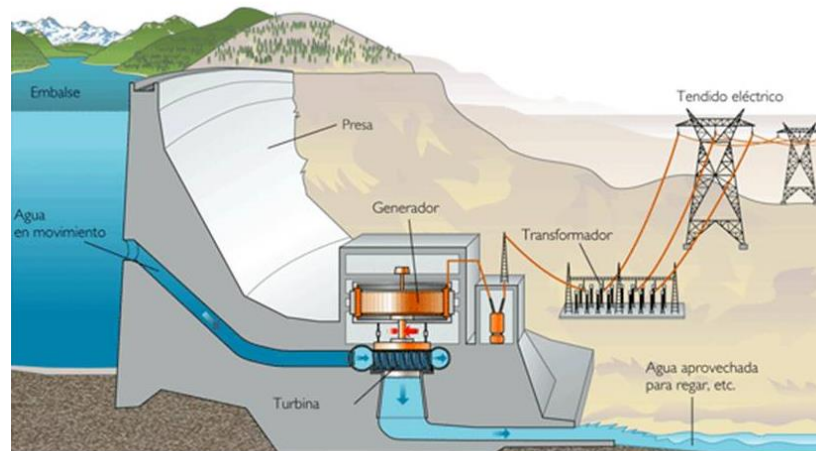
**Energía hidroeléctrica:** Es aquella energía que se obtiene del aprovechamiento de las energías potenciales y cinéticas de un flujo de agua o caídas de esta misma. Al igual que con las anteriormente mencionadas, esta energía puede darse en una explotación a gran escala (las represas capaces de generar miles de MW) o a menor escala en las que se emplean molinos de diferentes tamaños que toman el desplazamiento de agua en uno rotatorio capaz de usarse en diferentes actividades.

La energía hidroeléctrica proporciona casi un quinto de la electricidad de todo el mundo y países como China, Canadá, Brasil, Estados Unidos y Rusia fueron los cinco mayores productores de este tipo de energía en el 2004 según National Geographic.

Una central hidroeléctrica clásica es un sistema que consiste en tres partes: una central eléctrica en la que se produce la electricidad; una presa que puede abrirse y cerrarse para controlar el paso del agua; y un depósito en que se puede almacenar agua. El agua de detrás de la presa fluye a través de una entrada y hace presión contra las palas de una turbina, lo que hace que éstas se muevan. La turbina hace girar un generador para producir la electricidad. La cantidad de electricidad que se puede generar depende de hasta dónde llega el agua y de la cantidad de ésta que se mueve a través del sistema. La electricidad puede transportarse mediante cables eléctricos de gran longitud hasta casas, fábricas y negocios. [24]

*Figura 14: Partes de una central hidroeléctrica*





Fuente: <http://unbelievabl.blogspot.com.co/2012/11/energias-alternativas-por-camilo-andres.html>

Las ventajas que presenta esta energía a gran escala son las siguientes:

- Genera electricidad de forma más barata en la actualidad. Esto se debe a que, una vez que la presa se ha construido y se ha instalado el material técnico, la fuente de energía (agua en movimiento) es gratuita. Esta fuente de energía es limpia y se renueva cada año a través del deshielo y las precipitaciones.
- Este tipo de energía es fácilmente accesible, ya que los ingenieros pueden controlar la cantidad de agua que pasa a través de las turbinas para producir electricidad según sea necesario.

Pero esta explotación a gran escala presenta una gran desventaja pues la construcción de presas en los ríos puede destruir o afectar a la flora y la fauna y otros recursos naturales. Algunos peces, como el salmón, podrían encontrarse con la imposibilidad de nadar río arriba para desovar. Las últimas tecnologías, como las escaleras de peces, ayudan a los salmones a pasar por encima de las presas y a entrar en zonas de desove a contracorriente, pero la presencia de las presas hidroeléctricas cambia sus patrones migratorios y perjudica a las poblaciones de peces. Las centrales hidroeléctricas también pueden provocar la disminución de los niveles de oxígeno disuelto en el agua, lo que resulta dañino para los hábitats fluviales. [24]

Como se venía diciendo, el aprovechamiento a gran escala se da con grandes centrales o represas hidroeléctricas, pero a menor escala reciben el nombre de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas o PCH que comprende el mismo principio de

funcionamiento de las grandes centrales, sino que estas están orientadas a satisfacer la demanda de un hogar o una pequeña comunidad de casas.

Las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) según la definición de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Nano o Pico centrales: Corresponden a centrales cuya potencia de generación es inferior a 1kW. Son fundamentalmente usadas para suministro familiar y aplicaciones mecánicas
- Micro centrales: Corresponden a las centrales cuya potencia de generación está entre 1kW y 100kW. Su uso principal en el mundo ha sido abastecer redes eléctricas comunales en sectores aislados
- Mini Centrales: Son las que poseen una capacidad de generación entre los 100kW y los 1.000kW. Estas se han usado en el mundo para abastecer varias comunidades cercanas como también para la conexión a la red de energía nacional
- Pequeñas Centrales: Son aquellas cuya potencia instalada se encuentra en el rango de 1MW a 5MW. Se han usado para alimentar pequeñas ciudades y sectores aledaños y también para conectarlas a la red eléctrica nacional

Las PCH y las grandes centrales hidroeléctricas al depender de la misma fuente energética comparten todas sus ventajas, pero con la diferencia de que las PCH no generan el gran impacto ambiental que ocasiona la creación de una represa, ya que estas aprovechan la energía cinética del agua sin realizar algún cambio en su cauce.

**Energía de biomasa:** La energía de la biomasa o bioenergía es un tipo de energía renovable que nace del aprovechamiento de la materia orgánica y desechos que son producto de procesos productivos o industriales. Este aprovechamiento se hace directamente (por combustión), o por transformación en otras sustancias que pueden ser aprovechadas como un tipo de combustible.

Cuando hablamos de biomasa es posible clasificarla según la sustancia de la cual procede, como la biomasa vegetal, que se relaciona con las plantas en general (troncos, ramas, tallos, frutos, etc). También está la biomasa animal, que se obtiene a partir de sustancias de origen animal (grasas, restos, heces, etc).

- Biomasa natural: Es aquella que proviene de los ecosistemas naturales y la forma en la que se obtiene son por las explotaciones forestales (bosques, árboles, matorrales, plantas de cultivo, etc). Generalmente estos residuos presentan un alto poder energético, que no sirven para la realización de otros procesos industriales, pero si como una enorme fuente de energía.



- Biomasa residual: Esta biomasa es la generada por las actividades humanas que utilizan materia orgánica, su eliminación en muchos casos supone un problema y se da en actividades agrícolas (paja, cascara, etc), actividad pecuaria (heces) e incluso con basuras urbanas residuales.
- Cultivos energéticos: estos son cultivos que se implementan con la finalidad de producir biomasa transformable en combustible.

La biomasa al comprender un grupo tan grande de diferentes residuos que presentan una gran variedad de características es necesario usar diferentes métodos que puedan aprovechar de forma eficiente esta energía, por ello, existen varios tipos de métodos usados actualmente y se explican a continuación:

- **Métodos termoquímicos**

Utilizan el calor para transformar la biomasa, por eso se usa en materiales que tienen poca humedad (paja, madera, cascara de frutos secos, etc.)

1. Combustión

Es el método más básico para producir calor y consta en quemar los materiales con un 20-40% de aire y a temperatura de entre 600 y 1.300 grados Celsius.

2. Pirólisis

Se caracteriza por la quema de residuos que carecen de oxígeno a una temperatura alrededor de los 500 °C. Con este método se logra crear oxígeno, hidrocarburos y óxido de carbono, además de líquidos hidrocarbonatados y residuos sólidos carbonosos. Este es el método más usado para crear carbón vegetal.

3. Gasificación

Como su nombre lo indica, es aquel método en el cual se obtienen diferentes gases a diferentes cantidades, entre ellos tenemos el CO, CO<sub>2</sub>, hidrógeno y metano. Para poder llevar a cabo la gasificación es indispensable una concentración que esté entre los 10 y 50% de oxígeno y una temperatura que va de los 700 a 1.500 °C. Dependiendo de si usamos aire u oxígeno, obtendremos un gas de mayor o menor calidad, a más oxígeno mejor gas.

4. Co-combustión

En este proceso, la biomasa se usa como combustible mientras el carbón es usado en las calderas para generar calor. Este método reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> y las cantidades de carbón usado.

- **Métodos bioquímicos**

Utilizan microorganismo para la degradación de la biomasa, esto es debido a que tienen un alto grado de humedad, por lo que es necesario que los microorganismos se encarguen de los procesos iniciales de degradación.

1. **Fermentación alcohólica**

Fermentación de los hidratos de carbono que se encuentran en las plantas para obtener etanol, que se usará como combustible en diferentes procesos de combustión.

2. **Fermentación metánica**

El metano es un biogás que se obtiene mediante la digestión anaerobia es el proceso natural de descomposición de la materia orgánica en ausencia de aire a través de bacterias. Uno de los subproductos de ese proceso natural es el llamado biogás, que es una mezcla de gases en los que aparece el metano junto con otros incombustibles como el CO<sub>2</sub> y que como consecuencia tiene un poder calorífico menor que el gas natural. Aunque sea un gas más pobre que el que utilizamos de forma habitual, tiene a su favor que se genera a partir de un residuo, que es tratado de esta forma, y que se puede producir de forma local y próxima al consumo. [25]

También existen sistemas de aprovechamiento de la biomasa:

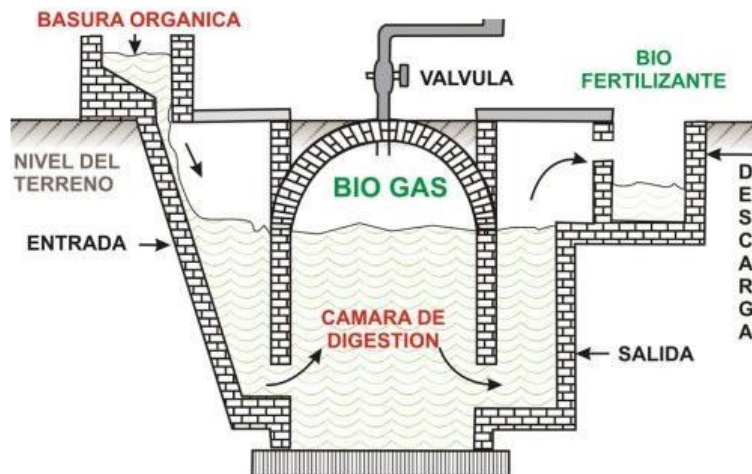
- **Producción de energía térmica**

Son empleados los métodos de combustión cuyo principal objetivo es producir calor para ser utilizado directamente, puede emplearse para la generación de vapor, conversión a otra energía o simplemente utilizar este calor para un uso doméstico. Este proceso tiene una alta tasa de contaminación.

- **Producción de biogás**

Este sistema se basa en la generación de biogás (metano) que se usará en la industria agrícola o ganadera, con la generación de calor y electricidad. Este proceso es el principal uso de la biomasa, además de ser uno de los procesos que más energía produce gracias a las heces de los animales, que tienen un alto rendimiento de generación de energía. [26]

*Figura 15: Esquema de producción de biogás*



Fuente: <http://www.biodisol.com/que-es-el-biogas-digestion-anaerobia-caracteristicas-y-usos-del-biogas/digestion-anaerobia-proceso-de-produccion-de-biogas-biocombustibles-energias-renovables/>

- **Producción de biocombustible**

Alternativa a los combustibles tradicionales basados en combustibles fósiles. Existen dos tipos:

- Bioetanol: Alternativa a la gasolina, se obtiene a partir de cultivos de cereales, remolacha, maíz y legumbres.
- Biodiesel: Es el sustituto del diésel tradicional, mejora la producción de energía.

Figura 16: Producción de etanol



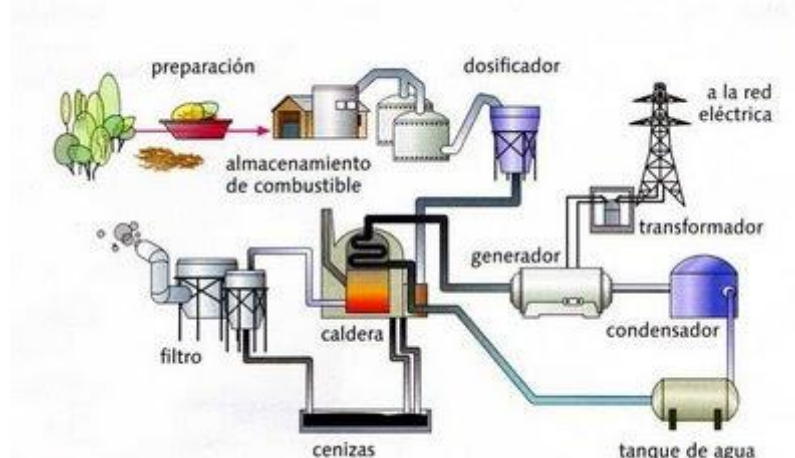
Fuente: <http://apuntesbiotecnologiageneral.blogspot.com.co/2015/06/el-dilema-de-los-biocombustibles-i.html>

- **Producción de energía eléctrica**

Al igual que las demás energías renovables, la biomasa también puede aprovecharse para generar energía eléctrica, este proceso se da en una central de biomasa, según Endesa (empresa española que opera en los sectores eléctricos y gasísticos) es una instalación industrial diseñada para generar energía eléctrica a partir de recursos biológicos y su funcionamiento es el siguiente:

1. Almacenamiento del combustible y residuos forestales, en caso de que sea necesario se les puede reducir su tamaño.
2. El combustible es clasificado en función de su tamaño y finalidad.
3. Una vez clasificados, los residuos son llevados a la caldera para su combustión dando como resultado que el agua de las tuberías de la caldera se convierta en vapor. (el agua que se encuentra en las tuberías de la caldera es precalentada con un intercambio de calor que sale de la propia caldera).
4. Al igual que en las centrales térmicas convencionales, el vapor generado en la caldera presenta una alta presión que es llevado a una turbina unida a un generador eléctrico donde se produce la energía eléctrica y es llevada a través de líneas de tensión.
5. Por último, El vapor de agua se convierte en líquido en el condensador, y desde aquí es nuevamente enviado al tanque de alimentación cerrándose así el circuito principal agua-vapor de la central.

*Figura 17: Esquema de una central de biomasa*



Fuente: <http://centralese.blogspot.com.co/2009/02/centrales-termicas-de-biomasa.html>

### 5.2.5. Energías renovables versus energías fósiles

- Frente a los efectos contaminantes de combustibles fósiles como el petróleo o el carbón, las energías renovables tienen menos emisiones de carbono, reciclan y son más respetuosas con el medio ambiente.
- Los combustibles fósiles crean emisiones de gases efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global. Las energías renovables no emiten estos gases y son básicas para frenar el calentamiento global y el cambio climático.
- La producción de energías renovables a nivel local, reduce los costes de transportes que tienen las energías fósiles. Potenciar las energías renovables crea puestos de trabajo.
- Las energías renovables por su disponibilidad estarán sujetas a menos fluctuaciones de precios, al contrario que el petróleo o el gas.
- Potencial ilimitado, frente a los recursos finitos de las energías fósiles, las energías renovables ofrecen un potencial prácticamente ilimitado.

### 5.2.6. Consumo energético

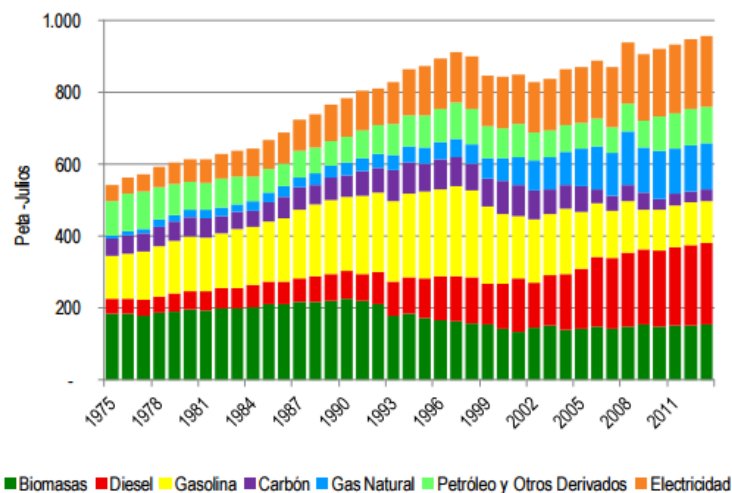
El estudio de los consumos energéticos es una componente esencial del análisis global de los procesos de producción industrial. El conocimiento de los distintos tipos de combustibles y carburantes utilizados en la industria, y el orden de magnitud del consumo de cada uno de ellos, es un aspecto clave del análisis industrial, no sólo por la importancia de la utilización de los productos energéticos en los procesos de producción, sino también por lo que supone, desde un punto de vista energético, para el conocimiento de la demanda final de energía y de sus posibles implicaciones medioambientales. [27]

De acuerdo a la información del Balance Energético Nacional, en el año 2012 Colombia consumió cerca de mil PetaJulios<sup>2</sup> de energía final, de los cuales aproximadamente el 67% corresponde al consumo de fuentes fósiles (carbón, hidrocarburos y sus derivados), 13% son biomasas y un 20% corresponde al consumo de energía eléctrica (es importante aclarar que cerca de 20% de la electricidad procede a su vez de fuentes fósiles y que aproximadamente 7% de la gasolina y Diesel consumidos tiene origen vegetal). [28]

*Figura 18: Demanda final de energía en Colombia*

---

<sup>2</sup> 1 PetaJulio =  $10^{18}$  Julios



*Fuente: Balances Energéticos UPME. Nota: Valores preliminares 2011-2*

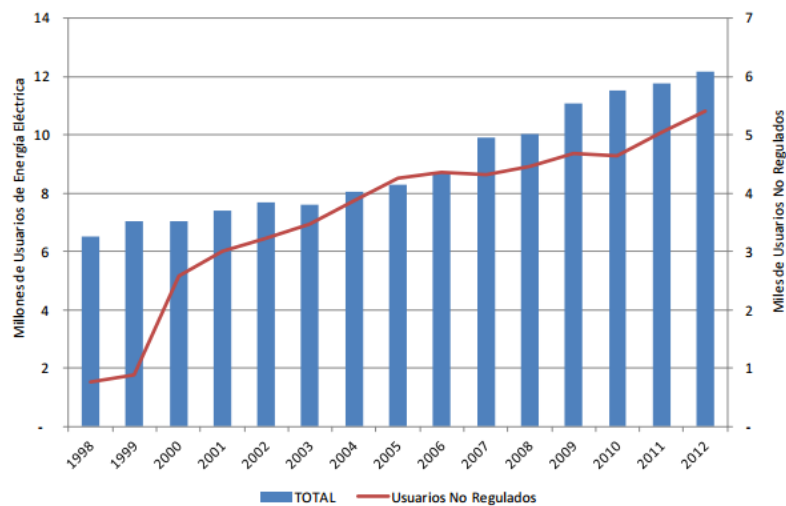
Como se puede ver en la Figura 18, el consumo de energía final ha aumentado de manera constante a lo largo de los años, del mismo modo se da para la energía eléctrica con lo que podemos concluir que a medida que aumenta la cobertura eléctrica (superior al 95%) aumenta el consumo de este mismo recurso.

También es fácil observar que ha habido un aumento considerable del consumo de Diesel con lo que se busca mediante los diferentes planes de proyectos renovables es disminuir esta cifra que no favorece al cuidado del medio ambiente.

Para el año 2012, la demanda de energía eléctrica nacional alcanzó una cifra de 59.367 GWh, es decir, un incremento del 3.9% con respecto al año 2011.

Aunque la demanda energética que se ha planteado aquí son para aquellos hogares o viviendas que pertenecen al Sistema Interconectado Nacional (SIN) es bueno resaltar que durante los últimos diez años ha crecido el número de usuarios en una tasa media anual del 4,7% (ver Figura 19) siendo de esta forma que para el año 2012 alcanzó un total de aproximadamente 12,1 millones de usuarios conectados, con lo que se estimó una cobertura del servicio de electricidad en un 95,8%.

*Figura 19: Evolución del número de usuarios de energía eléctrica en Colombia.*



*Fuente: Asocodis, XM y UPME. Cálculos: UPME. Nota: Datos preliminares 2011-2012.*

Como nuestro objeto de estudio el consumo energético comprende todo aquel sistema o dispositivo capaz de realizar una actividad cuyo fin sea satisfacer aspectos bien sea de tipo residencial o comercial (área productiva). Por ello, tenemos que el consumo se divide en 2 tipos.

**Consumo en el sector residencial:** El consumo residencial es aquel gasto de energía que se presenta con el fin de satisfacer las necesidades del sector residencial de los usuarios, de manera más amplia pertenecen actividades tales como la iluminación de hogares, refrigeración de alimentos, uso de electrobombas para el bombeo de agua, carga de dispositivos móviles, etc.

### 5.2.7. Eficiencia energética

La eficiencia energética es la relación entre producción y consumo energético, esto quiere decir que la forma posible de realizar un aumento de eficiencia se presenta de dos maneras distintas; la primera, manteniendo la misma producción, pero con un menor consumo energético, la segunda y de forma contraria, aumentando la producción teniendo el mismo consumo energético.

Lograr implementar la eficiencia energética en diferentes sistemas de consumo y dependiendo del tipo de proceso que se realice se puede lograr un ahorro energético, disminución de la contaminación, alcanzar un desarrollo sostenible, entre otros.

*Figura 20: Eficiencia energética*



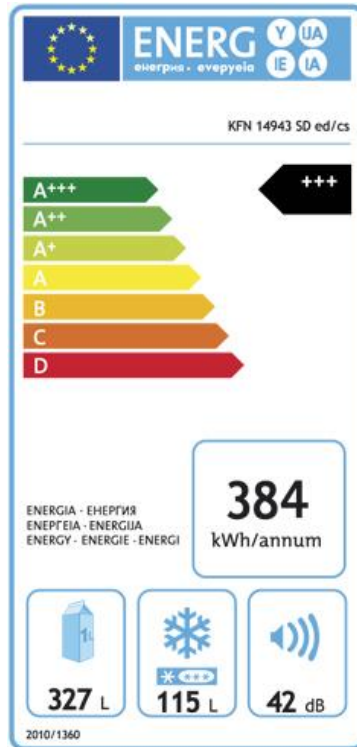
*Fuente: <http://www.garperenergy.com/desafio-eficiencia-energetica/>*

La importancia de la eficiencia energética no está basada solamente en la disminución de los costos de producción, sino también en el uso racional de la energía, pues la falta de ella junto con los desperdicios de materia prima y los recursos ociosos, puede detener la producción y afectar la rentabilidad de la empresa. [29]

Adicionalmente, en el año 1995 nace la etiqueta energética la cual da a conocer al consumidor sobre el nivel de eficiencia del electrodoméstico. Para ello, se basa en una escala de clasificación por letras y colores, que va desde la A y el color verde, para los equipos más eficientes, a la D y el color rojo, para los equipos de mayor consumo energético. Incluye hasta tres clases adicionales de eficiencia energética: A+, A++, A+++



Figura 21: Etiqueta energética de electrodomésticos



Fuente: <https://www.iberdrola.es/hogar/eficiencia/ahorro/etiquetado-electrodomesticos>

Un ejemplo claro de la eficiencia en los dispositivos del hogar se presenta en la iluminación, pues actualmente en el mercado existe una variedad de tecnologías que satisfacen la misma función pero que emplean cantidades de energía diferente, entre ellas tenemos:

**Bombillo incandescente:** La luz se produce por el paso de corriente eléctrica, a través de un filamento metálico de gran resistencia. Son las de mayor consumo eléctrico, más baratas, pero de menor duración, aproximadamente 1.000 horas. este tipo de bombillos son los de rendimiento más bajo, ya que, la emisión luminosa va acompañada de gran cantidad de calor. [30]

**Bombillo fluorescente:** Se basan en la emisión luminosa que algunos gases como el flúor emiten al paso de la corriente eléctrica. La eficacia luminosa resulta así mucho mayor que en el caso de la incandescente, puesto que, en este proceso se produce menor calentamiento y la electricidad se destina, en mayor proporción, a la obtención de la propia luz. Son más caros que las bombillas corrientes, pero consumen hasta un 80% menos electricidad que las bombillas incandescentes para la misma emisión luminosa y tienen una duración entre 8 y 10 veces superior. [30]

**Bombillos ahorradores:** Utilizan el mismo principio que las bombillas fluorescentes, pero son más compactas. Son más caras que las lámparas convencionales, aunque, por el ahorro de electricidad, se amortizan mucho antes de que terminen su vida útil (entre 8.000 y 10.000 horas). Duran 8 veces más que las bombillas convencionales y proporcionan la misma luz, consumiendo apenas entre un 20% y 25% de la electricidad que necesitan las incandescentes. Por ello, su uso es enormemente recomendable.

**Bombillo led:** Actualmente son la fuente de iluminación con más bajo consumo con potencias entre los 5 a 20 watts, su principio de funcionamiento es con pequeños leds que proporcionan una buena fuente de luz, con esta tecnología se puede remplazar los bombillos incandescentes o los ahorradores obteniendo un porcentaje mayor de ahorro de energía.

Ahora, hablando de eficiencia energética en la parte eléctrica, se entiende que es la reducción de las potencias y energías demandadas al sistema eléctrico sin que afecte a las actividades normales realizadas en edificios, industrial, hogares o cualquier proceso de transformación. Además, una instalación eléctricamente eficiente permite su optimización técnica y económica, es decir, la reducción de sus costes técnicos y económicos de explotación. [31]

La eficiencia energética eléctrica se calcula en términos de consumo específico eléctrico. Es decir, la cantidad de energía eléctrica necesaria para fabricar un determinado producto o para prestar un determinado servicio. Técnicamente se expresa de la siguiente forma:

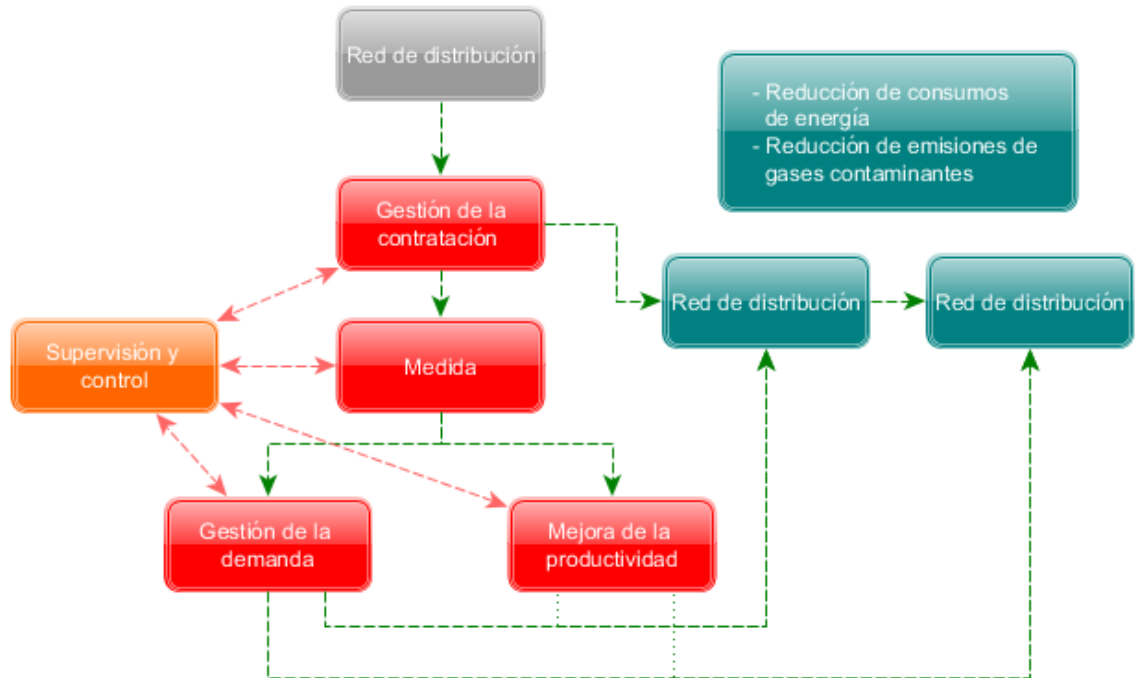
$$CEE = \frac{EC(kWh)}{UNS} \quad Ec. 1$$

Donde CEE es el Consumo Específico Eléctrico, es decir, la eficiencia energética eléctrica. EC es la Energía Consumida dada en unidades de kWh y por último UNS es la Unidad de Producto o de Servicio en la que se esté realizando el consumo (pueden ser kilogramo de algún producto, por ejemplo 1 kg de café).

Para la realización de una instalación eléctrica eficiente se plantean cuatro puntos básicos:

1. Gestión y optimización de la contratación
2. Gestión interna de la energía mediante sistemas de medida y supervisión
3. Gestión de demanda
4. Mejoras de la productividad mediante el control y eliminación de perturbaciones.

Figura 22: Esquema de instalación eléctrica eficiente



Fuente: <http://circutor.com/es/formacion/eficiencia-energetica-electrica/que-es-la-eficiencia-energetica-electrica>

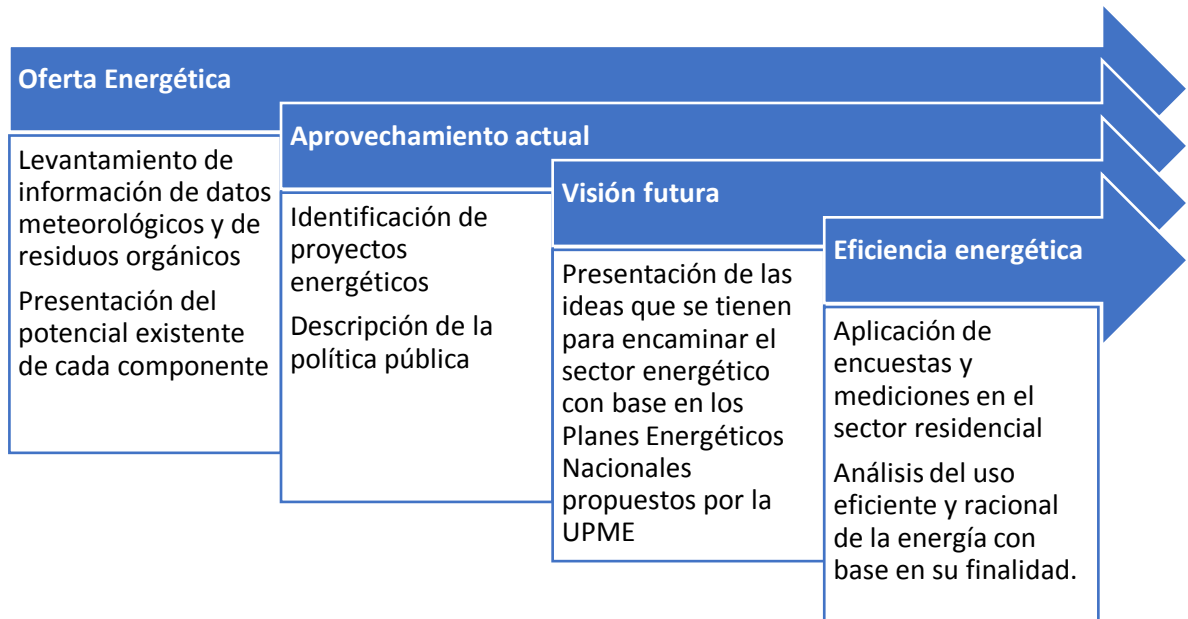
## 6. TIPO DE INVESTIGACIÓN

En este proyecto se emplea una investigación de carácter descriptivo y cuantitativo, ya que por un lado se analiza una serie de características que componen la situación actual referente a las energías renovables en el departamento de Arauca con base en la información secundaria de diferentes entidades y el análisis de las políticas públicas. A su vez, es cuantitativa debido a que a partir del levantamiento de información realizado en campo y con la ayuda de mediciones en el sector residencial, es posible efectuar un análisis del consumo del parque doméstico de modo que se pueda tomar esto como un punto de partida para el planteamiento de proyectos destinados a las comunidades que no hagan parte del Sistema Interconectado Nacional.

## **7. METODOLOGÍA**

El planteamiento del panorama de las energías renovables en el departamento de Arauca y el análisis del uso eficiente de la energía requieren del desarrollo sistemático de una serie de pasos que se presentan a continuación:

*Figura 23: Etapas de la metodología.*



*Fuente: Elaboración propia*

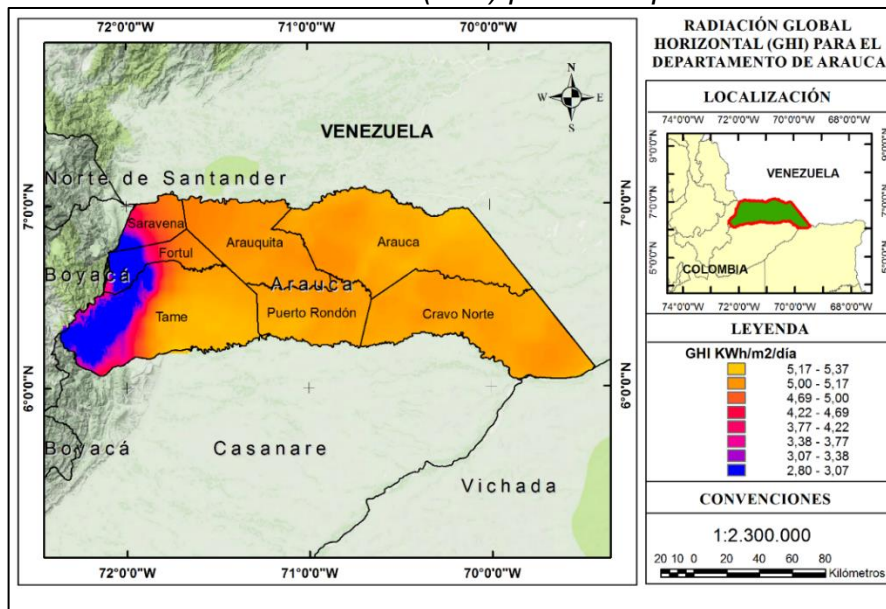
## 7.1. Oferta energética Solar

Para establecer la oferta energética solar en el departamento de Arauca se toma la información de varias instituciones y entidades que realizan mediciones meteorológicas como lo son el IDEAM, NREL (National Renewable Energy Laboratory) y ESMAP (Energy Sector Management Assistance Program). Realizando el análisis inicial de la información de cada fuente es de destacar que únicamente se establece la información del ESMAP como objeto de estudio para este proyecto debido a las siguientes características:

- Mejor resolución espacial (1 km).
- Proporciona medidas en potencia ( $kWh/m^2 - día$ ).
- Información más reciente (hasta el año 2015).

La información obtenida del ESMAP es una capa raster georreferenciada en el sistema de coordenadas Magna Colombia Bogota (EPSG:3116) en la que se realiza una categorización de colores para una mejor presentación.

Figura 24: Radiación Global Horizontal (GHI) para el departamento de Arauca



Fuente: Mapa GHI – ESMAP

En la Figura 24 es posible ver que la Radiación Global Horizontal (GHI) del departamento de Arauca es homogénea en gran parte de su territorio a excepción de los límites occidentales con el departamento de Boyacá en donde el nivel toma sus valores mínimos de  $2,80 - 3,07 \text{ GWh/m}^2 - \text{Día}$  y para el resto del departamento su GHI tiene unos valores más elevados oscilando entre los  $5,00 - 5,37 \text{ GWh/m}^2 - \text{Día}$ . Es importante destacar que la zona con menos nivel de GHI es en donde geográficamente se encuentran los bosques, parques nacionales y elevaciones de tierra, por el caso contrario, en la zona de mayor GHI se caracteriza por ser netamente llano y sabana.

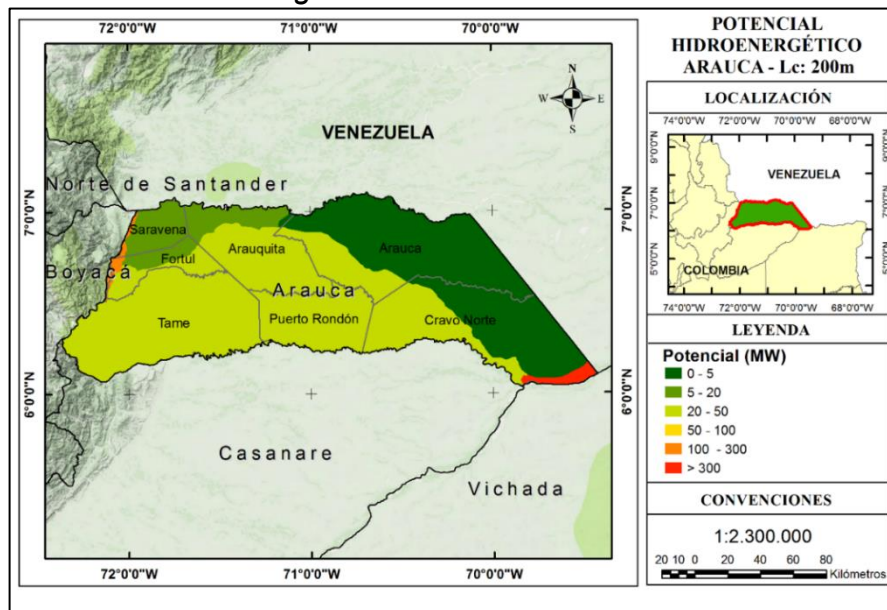
## 7.2. Oferta energética Hídrica

Para la oferta energética hídrica del departamento de Arauca se toma como base el primer atlas del potencial hidroenergético realizado por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) en conjunto con Colciencias y la Universidad Javeriana, este documento presenta un conjunto de mapas que permiten identificar puntos de la geografía nacional donde se pueden realizar proyectos hidroeléctricos, es por ello que se toma únicamente cuatro de estos mapas en los que se presenta la capacidad de generación de potencial hidroeléctrico en tres escalas (200m, 1km y 5km) y la georreferenciación de puntos idóneos para la implementación de proyectos hidroeléctricos.

### 7.2.1. Longitud horizontal 200 metros

En la Figura 25 Potencial Hidroenergético Arauca – Lc:200m se puede determinar que para esta escala el departamento cuenta con una capacidad de generación muy baja en el oriente a límites con el país de Venezuela alcanzando hasta los 5 MW para los municipios de Arauca y parte de Cravo Norte. Por otra parte, para el resto del departamento su potencial oscila entre los 20 a 50 MW de generación.

*Figura 25: Potencial hidroenergético escala LC: 200m*



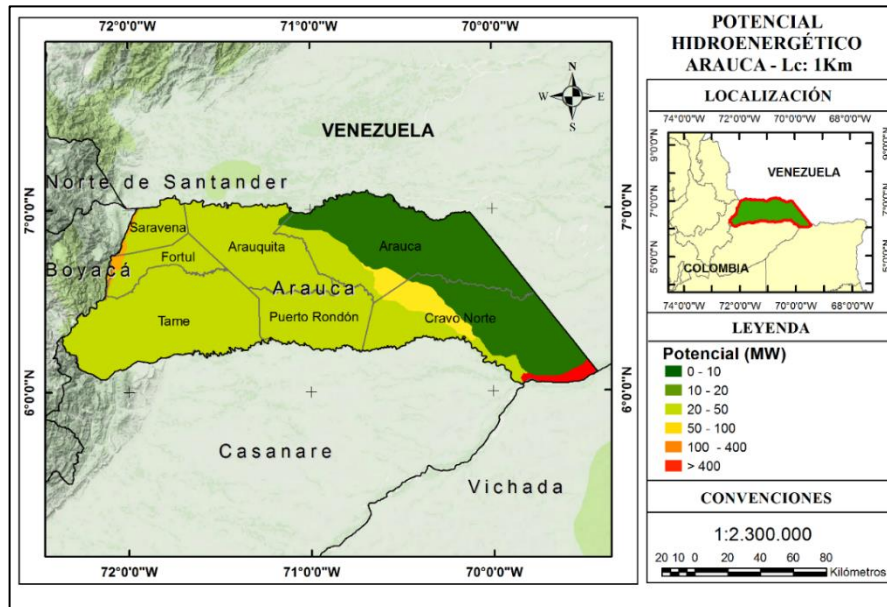
*Fuente: Atlas Hidroenergético UPME - 2015*

Cabe recalcar que en dos zonas de este departamento el potencial hidroenergético se eleva considerablemente: en el sur oriente en límites con Vichada en donde se encuentra ubicado el Río Meta con un potencial que supera los 300 MW y en el occidente en límites con el departamento de Boyacá sobre la cordillera oriental donde se presenta un potencial que oscila entre los 100 a 300 MW.

### 7.2.2. Longitud horizontal 1 kilómetro

De igual forma, en la Figura 26: Potencial hidroenergético escala LC: 1km el potencial se comporta de una manera muy similar al de la escala de 200m con la pequeña diferencia que el potencial aumenta en una zona comprendida entre el municipio de Arauca y Cravo Norte en donde llega a alcanzar un rango de los 50 a 100 MW.

*Figura 26: Potencial hidroenergético escala LC: 1km*



*Fuente: Atlas Hidroenergético UPME - 2015*

### 7.2.3. Longitud horizontal 5 kilómetros

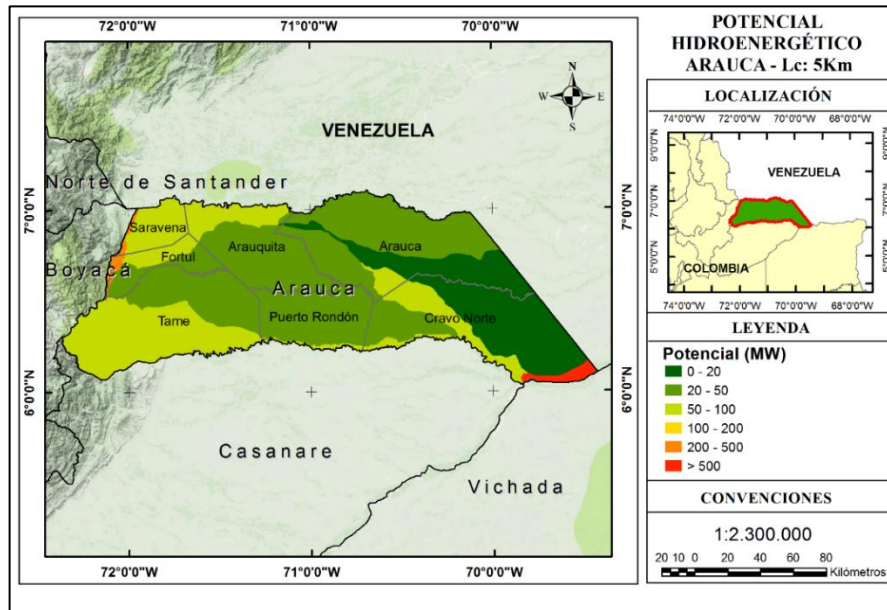
Ya para la última escala de 5km (ver Figura 27) el potencial aumenta en todos sus rangos, pues en gran parte de su territorio la capacidad oscila entre los 20 a 50 MW solamente toma el menor valor de 0 a 10 MW en gran parte del municipio de Arauca y en aproximadamente la mitad de Cravo Norte.

Es importante destacar que las zonas en donde hay mayor capacidad de generación de potencial se comparten entre las tres escalas (200m, 1km y 5km) con la diferencia que a medida que la escala aumenta la capacidad de generación también lo hace, esto se debe a que en dichas zonas se encuentran fuentes hídricas y cuerpos de agua bastante grandes que reflejan un gran volumen de desplazamiento de agua.

Por último, el atlas hidroenergético plantea una serie de puntos ubicados geográficamente a lo largo del departamento de Arauca (ver Figura 28) que representan un posible sitio para la implementación de proyectos hidroenergéticos, es decir, la instalación de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.

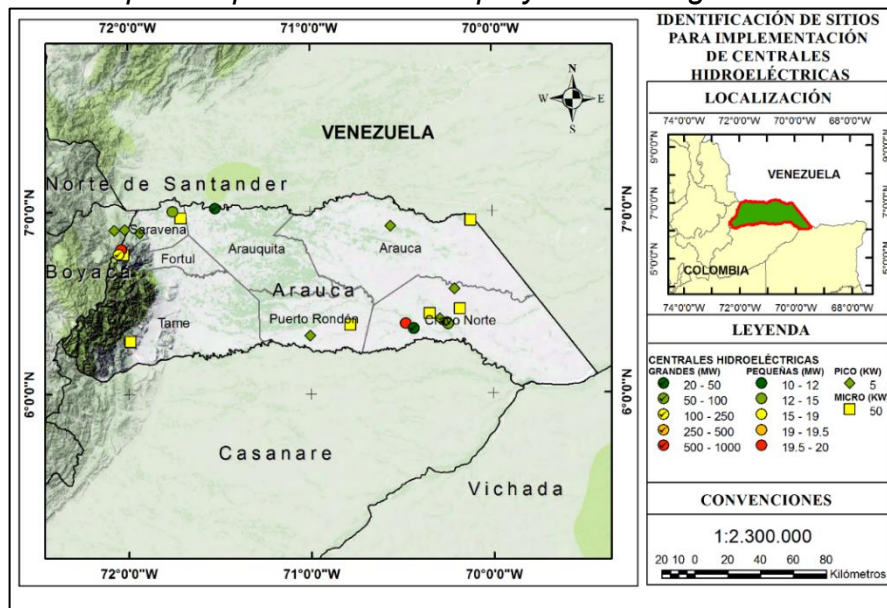
*Figura 27: Potencial hidroenergético escala LC: 5km*





Fuente: Atlas Hidroenergético UPME - 2015

Figura 28: Puntos para implementación de proyectos energéticos



Fuente: Atlas Hidroenergético UPME - 2015

Los municipios de Cravo Norte y Saravena son los que cuentan con la mayor cantidad de sitios idóneos para la implementación de PCH con una oferta promedio

de 149,61 MW y 208,36 MW respectivamente. En caso contrario el municipio de Fortul no cuenta con ninguno de estos sitios.

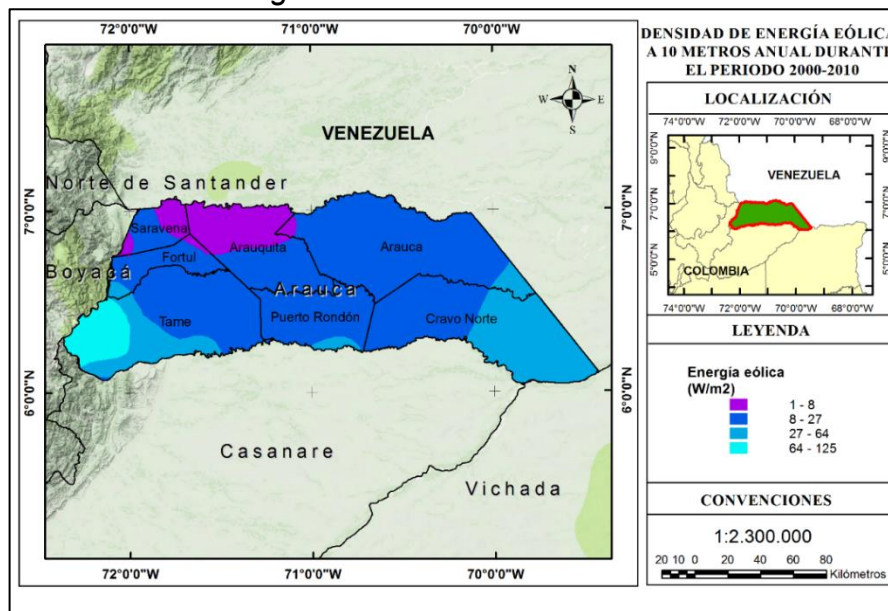
### 7.3. Oferta energética Eólica

Para la estimación de la oferta energética eólica se toma como base los datos meteorológicos presentados por el IDEAM en el Atlas de Vientos que realiza de forma multianual desde el año 2000 a 2010 el cálculo de la densidad de energía eólica ( $W/m^2$ ) en 3 diferentes escalas, 10 metros, 50 metros y 80 metros de altura.

#### 7.3.1. Escala 10 metros de altura

Es la escala más pequeña y la más idónea para realizar la implementación de proyectos a menor escala, debido a su altura es la que presenta menor densidad de potencia. De forma más específica, el departamento tiene la capacidad de otorgar 8 a 27  $W/m^2$  en gran parte de su territorio, pero en la zona suroccidental del municipio de Tame esta densidad aumenta hasta llegar a un rango de potencia que oscila entre los 64 a 125  $W/m^2$  (ver Figura 29).

*Figura 29: Densidad de energía eólica a 10 metros de altura*

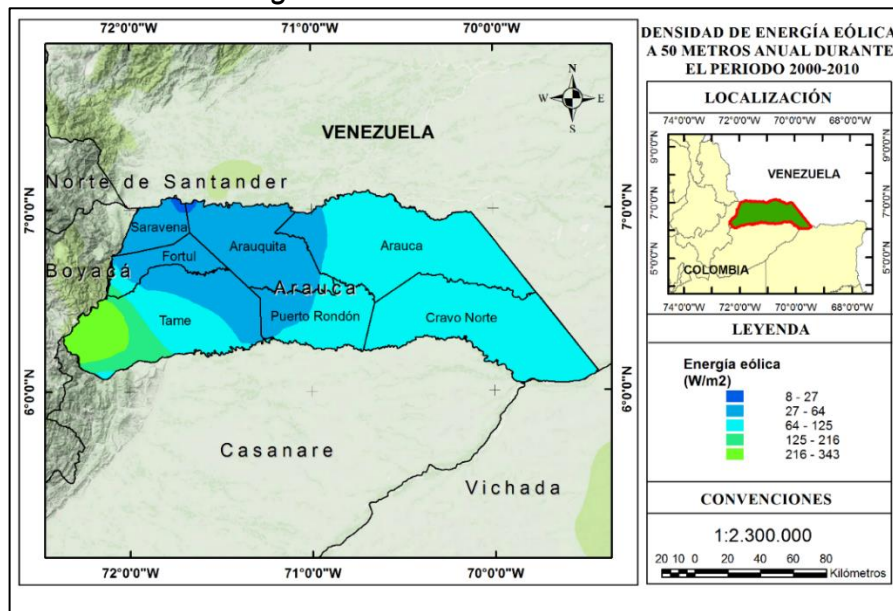


*Fuente: Atlas de vientos IDEAM*

### 7.3.2. Escala 50 metros de altura

Para esta escala la densidad de energía eólica aumenta por todo el departamento de Arauca, como se puede ver en la Figura 30 el rango más bajo es de  $8 \text{ a } 27 \text{ W/m}^2$  situado en la parte norte del límite entre Saravena y Arauquita, aumenta de manera progresiva a medida que se acerca a la cordillera oriental y toma su máximo valor para el municipio de Tame con una densidad energética eólica máxima de  $343 \text{ W/m}^2$ . En gran parte del territorio del departamento de Arauca la densidad energética oscila entre los  $27 \text{ a } 125 \text{ W/m}^2$ .

Figura 30: Densidad de energía eólica a 50 metros de altura



Fuente: Atlas de vientos IDEAM

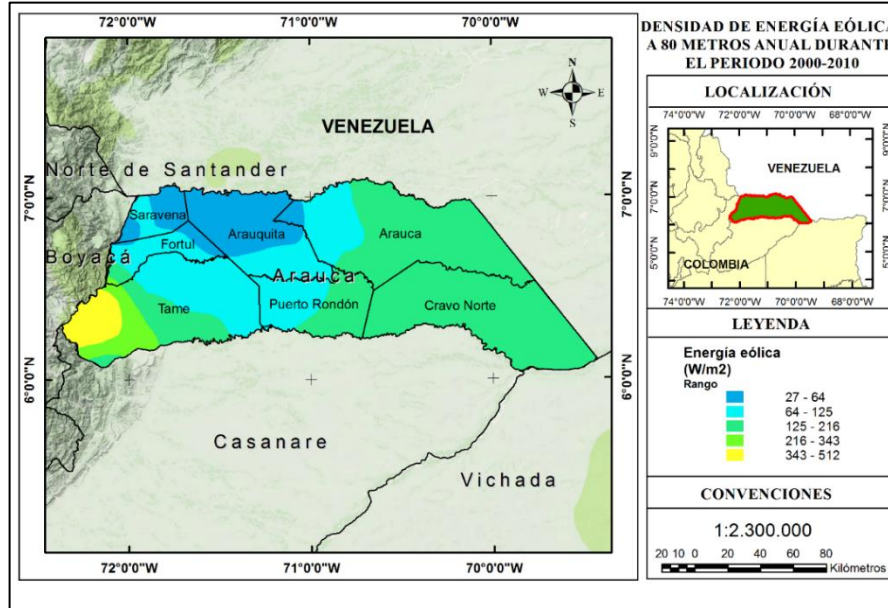
### 7.3.3. Escala 80 metros de altura

Es la escala donde los vientos toman su mayor densidad de energía eólica debido a su gran altura y por esta característica es la menos usada en la implementación de soluciones a pequeña escala, sin embargo, es un potencial existente en el departamento que puede llegar a ser explotado con tecnologías de mayor magnitud.

Con base en la Figura 31 el departamento de Arauca muestra unos niveles de densidad energética bastante altos por todo su territorio, incluso en zonas totalmente llanas y de sabanas pertenecientes a los municipios de Cravo Norte, Puerto Rondón y Arauca, su energía oscila entre los  $125 \text{ a } 216 \text{ W/m}^2$ , pero en caso particular el municipio de Tame, gracias a su proximidad con la cordillera oriental y

parques nacionales expone una cantidad de energía eólica bastante alta alcanzando un máximo de  $512 \text{ W/m}^2$ .

*Figura 31: Densidad de energía eólica a 80 metros de altura*



*Fuente: Atlas de vientos IDEAM*

## 7.4. Oferta energética Biomasa

Para la estimación de la oferta energética de biomasa se tiene en cuenta los sectores agrícola y pecuario, de modo que, con datos provenientes del Censo Nacional Agropecuario de 2014, el Atlas de Potencial Energético de la Biomasa Residual y las Evaluaciones Agropecuarias Municipales es posible determinar la cantidad de biomasa residual del departamento de Arauca.

### 7.4.1. Oferta energética agrícola

Debido a que la forma más eficiente de aprovechar el potencial de la biomasa agrícola residual es por medio de procesos termoquímicos, por ello se emplea la fórmula para el cálculo de potencial propuesta en el Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia – UPME 2015 (Ec.2), en donde relaciona directamente la cantidad de residuos en toneladas y el poder calorífico en unidades de  $\text{MJ/ton}$ . [32]

$$\text{Potencial energético (MJ)} = \text{Biomasa}_{\text{agrícola}}(\text{ton}) * \text{PCI} \left( \frac{\text{MJ}}{\text{ton}} \right) \quad \text{Ec. 2}$$

En el departamento de Arauca es posible encontrar una serie de cultivos de tipo permanente como el cacao y plátano, y transitorios de los que se tiene maíz, yuca y arroz, de modo que para arrojar una cifra se realiza la sumatoria de los potenciales de cada cultivo de estudio a nivel municipal.

$$\text{Potencial Arauca (GWh)} = \sum (P_{\text{cacao}} + P_{\text{yuca}} + P_{\text{maíz}} + P_{\text{arroz}} + P_{\text{plátano}}) \text{GWh} \quad \text{Ec. 3}$$

Con base en la Tabla 2 es posible determinar que el cultivo con mayor potencialidad es el plátano con un 89,9% del total de la oferta energética de biomasa agrícola alcanzando los 6,52 TWh convirtiéndolo en el insumo principal para la generación de proyectos integrales.

*Tabla 2: Potencial agrícola por cultivo - departamento de Arauca*

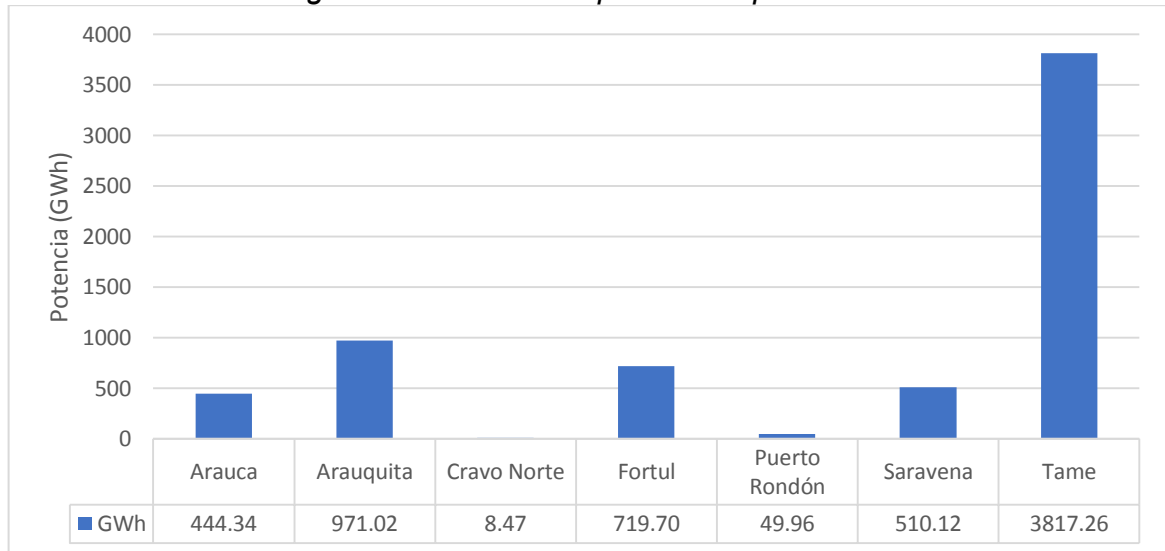
<b>Cultivo</b>	<b>Potencia (GWh)</b>	<b>Factor (%)</b>
Cacao	18,88	0,29
Yuca	42,36	0,65
Maíz	128,04	1,96
Arroz	469,53	7,20
Plátano	5862,07	89,90
Total	6520,88	100,00

*Fuente: Datos obtenidos al aplicar la Ec.2 en datos del atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia*

Este potencial se encuentra repartido de forma muy variada a nivel geográfico, como se puede apreciar en la Gráfica 1 la mayor parte se encuentra a disposición del municipio de Tame con unos 3,81 TWh de capacidad máxima, seguido en menor medida por municipios tales como Arauquita, Fortul y Saravena en donde su oferta no supera los 1 TWh y por último en municipios alejados y de poca densidad de población, es decir, Cravo Norte y Puerto Rondón solamente poseen una capacidad de 8,47 GWh y 49,96 GWh respectivamente.



**Gráfica 1: Potencial agrícola en los municipios del departamento de Arauca**



*Fuente: Datos obtenidos al aplicar la Ec.2 y Ec.3 en datos del atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia*

#### 7.4.2. Oferta energética pecuaria

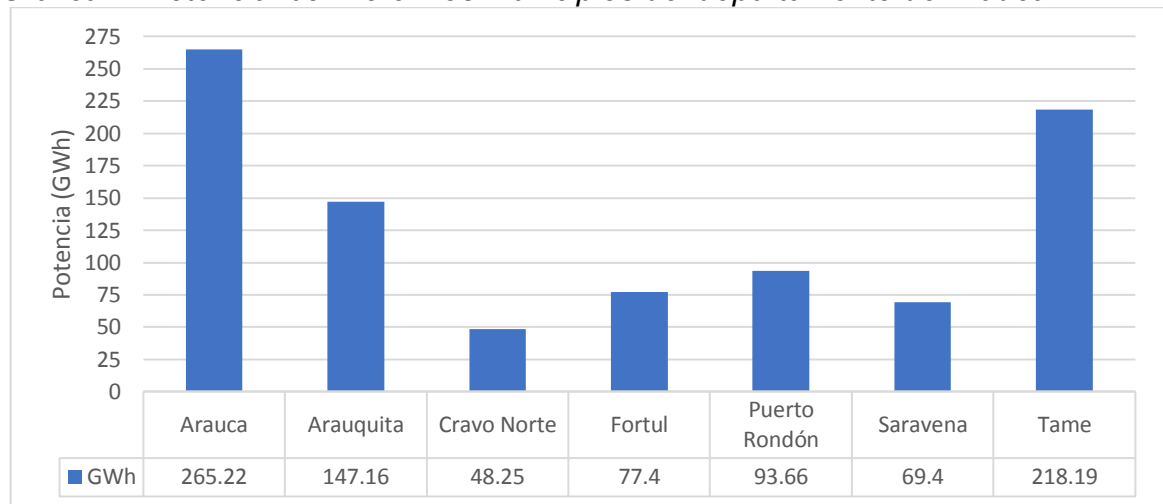
Para el cálculo de la oferta energética en los sectores pecuarios se realiza de forma similar al sector agrícola únicamente empleando una ecuación diferente la cual dependerá del grupo etario ( $i$ ), la masa de los residuos ( $MR$ ), el porcentaje de materia seca ( $\%MS$ ), los sólidos volátiles ( $\%SV$ ), una producción de biogás ( $B_o$ ) y el poder calorífico inferior del metano ( $PCI_{CH}$ ). [33]

$$PE_{BRP} = \sum_{i=1}^n MR_i * \%MS_i * \%SV * B_o * PCI_{CH4} \quad Ec. 4$$

**Sector bovino:** el potencial energético se obtiene a partir de sumar la cantidad producida al año de estiércol de cada grupo etario propuesto en el Censo Nacional Agropecuario de 2016, es decir: terneros menores a 12 meses, terneros entre 12 y 24 meses, entre 24 y 36 meses y mayores a 36 meses. Posteriormente se aplica la Ec.4 para cada municipio del departamento para calcular el potencial presentado en la Gráfica 2. [34]

Los municipios de Arauca y Tame cuentan con la más alta potencialidad alcanzando 265,22 GWh y 218,19 GWh respectivamente, por otro lado, el municipio de Cravo Norte solamente alcanza los 48,25 GWh. La característica más notoria que muestra la gráfica anterior es que el grupo etario que tiene mayor potencial para el departamento es el de terneros mayores a 36 meses.

**Gráfica 2: Potencial bovino en los municipios del departamento de Arauca**



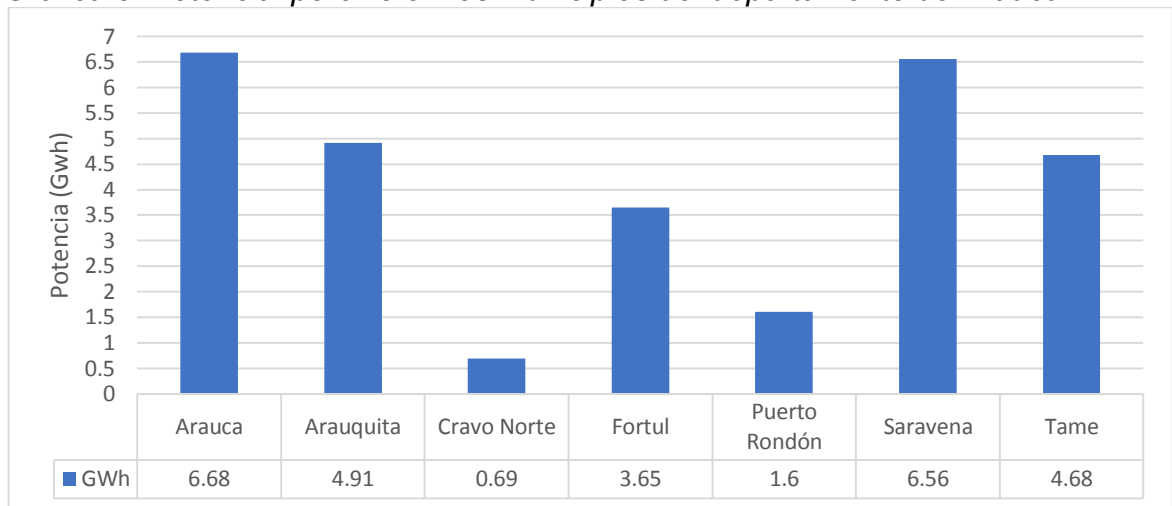
**Fuente:** Datos obtenidos al aplicar la Ec.4 en datos del Censo Nacional Agropecuario 2016

**Sector porcino:** En este sector para realizar la estimación de la oferta energética se toma nuevamente la categorización empleada en el Censo Nacional Agropecuario del año 2016 por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) de modo que se presenta de la siguiente manera:

- Lechón
- Lechón lactante
- Precebo
- Levante
- Reproductor
- Hembra lactante
- Hembra gestante

Una vez con la cantidad de estiércol total por año de cada categoría del sector porcino se emplea la *Ec. 4* para determinar el potencial y luego se realiza la sumatoria a nivel municipal para establecer la oferta final.

**Gráfica 3: Potencial porcino en los municipios del departamento de Arauca**



**Fuente:** Datos obtenidos al aplicar la Ec.4 en datos del Censo Nacional Agropecuario 2016

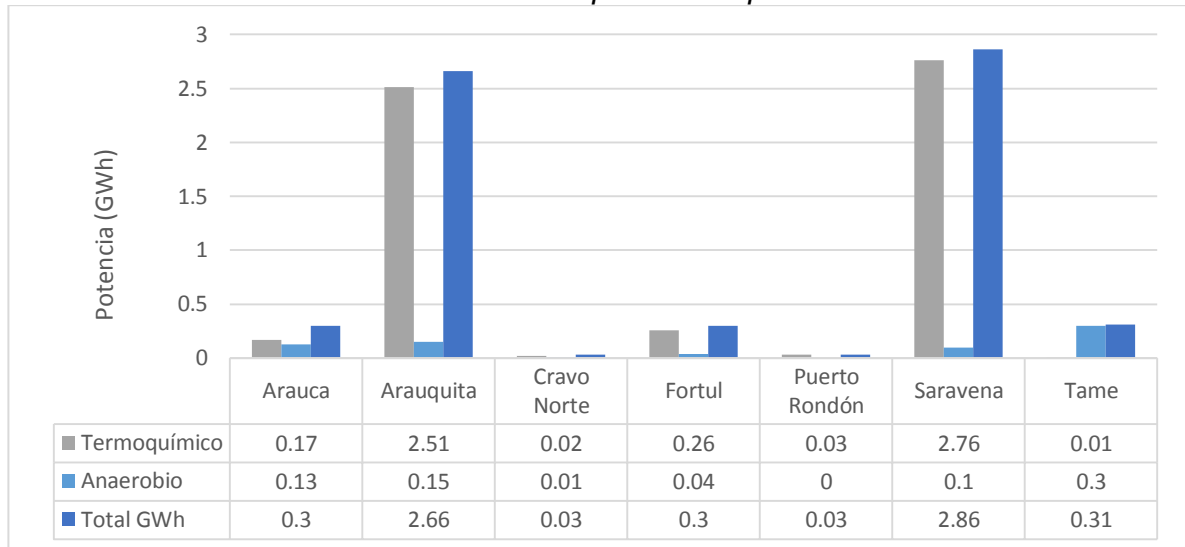
En la Gráfica 3 se puede determinar que los municipios de Arauca y Saravena son los que cuenta con un potencial de más de 6,5 GWh puesto que ellos poseen el mayor número de cabezas a nivel departamental, por el caso contrario el municipio de Cravo Norte es el municipio con el menor nivel de potencial logrando tan solo un 0,69 GWh.

**Sector avícola:** Para calcular el potencial del sector avícola se tiene en consideración que la conversión energética de los residuos orgánicos se realiza mediante los procesos termoquímicos y anaerobios. Los procesos termoquímicos son la forma más eficiente de realizar la transformación a energía de la biomasa residual de las aves de engorde y para las aves ponedoras el proceso de aprovechamiento energético es el biológico o anaerobio.

En la Gráfica 4 es posible identificar que el potencial de este sector es mayormente aportado por las aves de engorde en los municipios de Arauquita y Saravena con 5,76 GWh que representa un 88,75 % de la oferta total. Para el caso de las aves ponedoras únicamente aportan un 11,25 % de la oferta, es decir, 0,73 GWh que es posible aprovechar en Tame, Arauquita, Saravena y Arauca.



**Gráfica 4: Potencial avícola en los municipios del departamento de Arauca**



*Fuente: Datos obtenidos al aplicar la Ec.4 en datos del Potencial energético de la biomasa residual pecuaria del Departamento de Cundinamarca-Colombia*

## 7.5. Análisis de la información secundaria

Para desarrollar un análisis del uso actual de la energía renovable en el departamento de Arauca, se lleva a cabo el acercamiento institucional a sus dependencias y comunidades de modo que se incentive la participación activa dentro del marco metodológico del proyecto PERS. De forma transversal, se consigue información de proyectos y estudios que se están realizando en el sector energético de cada municipio del departamento.

### 7.5.1. Acercamiento institucional a las alcaldías del departamento de Arauca.

En primera instancia se realiza la búsqueda de proyectos energéticos elaborados en los municipios de Arauca que se encuentran en los diferentes sistemas de información, es decir, en la página web de las diferentes alcaldías, en la base de datos del Sistema General de Regalías SGR y en el banco de proyectos de la empresa de energía eléctrica ENELAR, encargada de suministrar el servicio de energía para todo el departamento de Arauca.

Bajo el marco metodológico del Plan de Energización Rural Sostenible Orinoquia, se realizan las visitas a los diferentes entes públicos de los municipios del departamento de Arauca donde se socializa el enfoque del proyecto y se solicita de manera formal cualquier información que se tenga de primera mano sobre proyectos en el sector energético.

*Figura 32: Acercamiento institucional*



*Fuente: Observatorio del territorio*

Toda esta información es llevada a la base de datos en Excel para su filtrado y conformar un consolidado de todos los proyectos energéticos que se llevaron a cabo durante los últimos años.

### 7.5.2. Clasificación de la información

Con la clasificación de la información total recogida de las alcaldías y de las fuentes secundarias se determina el total de proyectos encontrados del sector energético en cada uno de los siete municipios del departamento de Arauca, ver *Tabla 3*.

*Tabla 3 Proyectos energéticos encontrados para el departamento de Arauca*

<b>MUNICIPIO</b>	<b>CANT. DE PROYECTOS</b>	<b>PROYECTOS CEE</b>
Arauca	13	1
Arauquita	15	0
Cravo Norte	9	2
Fortul	31	0
Puerto Rondón	5	0
Saravena	18	0
Tame	22	0
<b>Total</b>	<b>113</b>	<b>3</b>

*Fuente: elaboración propia*

La información recolectada en los municipios de Arauquita, Tame, Fortul, Puerto Rondón y Saravena está orientada a solventar el déficit de cobertura eléctrica mediante la ampliación redes eléctricas de media y alta tensión y la terminación de puntas y colas en las veredas al límite del servicio eléctrico. En el municipio de

Saravena no se lograron identificar proyectos con energías renovables ya que el municipio se encuentra en un 98 % electrificado, por lo tanto, no se impulsa el desarrollo de fuentes renovables. Para el caso de Fortul la inversión del sector energético esta netamente enfocada en el mantenimiento de las redes eléctricas y alumbrado público en la cabecera municipal.

Solo en los municipios de Arauca y Cravo Norte cuentan actualmente con un total de tres proyectos de energías renovables cuya principal característica es la implementación de paneles fotovoltaicos para llevar el servicio eléctrico a las viviendas que no son conectables al SIN.

En el transcurso de la recolección de esta información pertinente a la identificación de proyectos de energías renovables o en su defecto energía eléctrica, la mayor parte de la información se recaudó de páginas web de las diferentes identidades públicas, uno de los grandes problemas que pudimos identificar en los acercamientos institucionales fue la falta de organización y la desactualización de la base de datos de los proyectos que se ejecutaron en estos municipios. En el tema de la utilización de fuentes de energía renovable se pudo indagar con las Juntas de Acción Comunal y los entes gubernamentales que se han realizado muchos más proyectos con energías alternativas, pero al momento de pedir la información no se contaba con información oficial.

### **7.5.3. Descripción general del proyecto de implementación de paneles fotovoltaicos**

Implementación de sistemas de energía alternativa en zonas no interconectadas del municipio de Arauca, departamento de Arauca. [35]

#### **Información general del proyecto**

- Sector: minas y energía
- Fecha de aprobación: 2015
- Fecha de Inicio: 2015
- Fecha de Finalización: 2020
- BPIN:2015810010015

#### **Costos:**

Valor total del Proyecto: \$1.615.523.664

Recursos Sistema General De Regalías (SGR): \$1.615.523.664

#### **Ejecutor:**

Empresa de energía de Arauca Enelar (E.S.P).

**Objetivo:**

El objetivo principal del proyecto fue la implementación de paneles fotovoltaicos en zonas no interconectadas donde llevar el servicio de energía eléctrica es muy costoso y difícil. [35]

**Beneficiarios:**

Comunidades rurales aisladas del departamento de Arauca que no cuenta con ningún servicio de energía.

Los sistemas de energía solar son una de las soluciones técnicamente viable para suministrar la energía necesaria a las comunidades rurales aisladas. Pequeñas cantidades de energía pueden representar una gran diferencia al mejorar la vida rural, incrementar la productividad agrícola y crear nuevas oportunidades de generar ingresos.

Actualmente la energía solar se usa más que nada para iluminación, radio y televisión en el ámbito doméstico. Al ampliarse el horario en que se disfruta de luz, hay más tiempo para realizar actividades productivas. Esto ha beneficiado en especial a las mujeres y los niños, que pasan más tiempo en casa. La extensión de la iluminación permite a las mujeres llevar a cabo actividades como la costura, la elaboración de cestas y de artesanías, y a los niños seguir estudiando cuando ya ha oscurecido.

*Figura 33: Instalación de paneles fotovoltaicos*



*Fuente: Mapa de regalías*

## 7.6. Descripción de la política pública existente para el desarrollo de energías renovables en el departamento de Arauca.

### Marco político para las energías renovables:

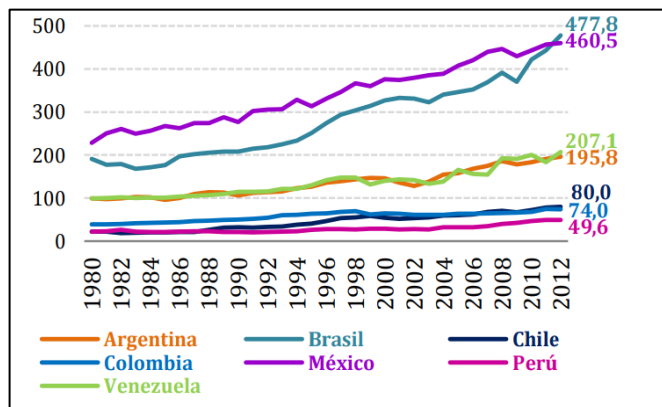
Una gran parte de los países del mundo están estableciendo políticas en apoyo a las energías renovables, han desarrollado un esfuerzo conjunto a nivel mundial para mitigar el cambio climático y las emisiones de GEI. Han generado políticas que concentran sus esfuerzos en las tecnologías de generación de electricidad proveniente de energías alternativas, con los tratados internacionales que se han desarrollado durante los últimos años se ha logrado un avance muy significativo para la creación de dichas políticas para que adicionalmente incentiven el uso y la implementación de estos sistemas.

El acuerdo de Kioto se realizó el 11 de diciembre de 1997, en la cual participaron países industrializados donde se comprometieron a ejecutar medidas para reducir la emisión de GEI. Entre todos suman un recorte total de las emisiones de gases de efecto invernadero de al menos el 5% con respecto a los niveles de 1990 en el período de compromiso de 2008-2012. [36]

Las metas cubren las emisiones de seis gases de efecto invernadero, a saber:

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- Metano (CH<sub>4</sub>)
- Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)
- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Perfluorocarbonos (PFC)
- Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)

*Figura 34: Emisiones de CO<sub>2</sub> Emisiones de CO<sub>2</sub> para algunos países seleccionados (Mt CO<sub>2</sub>) 1980-2012*



Fuente: World Resources Institute

En París se realizó la implementación de la versión 21° de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático COP21 en diciembre del 2015, donde 195 países hicieron parte, allí se establecieron acuerdos universales para la reducción de emisiones de GEI. Para lograr este objetivo los países participantes se comprometieron a fijar cada cinco años sus objetivos nacionales reduciendo las emisiones y se estableció que los países desarrollados deben apoyar financieramente a países de bajos recursos para reducir sus emisiones y adaptarse a los efectos del cambio climático.

Los principales puntos del acuerdo COP21 son que el aumento de la temperatura global debe estar muy por debajo de los dos grados Celsius, el acuerdo es jurídicamente vinculante para los países firmantes, a partir del año 2020 el acuerdo contará con fondos cercanos a los US\$100.000 millones para los países en desarrollo y, por último, se revisará cada cinco años el cumplimiento del acuerdo. En Colombia con la aprobación y creación de las siguientes leyes se ha logrado dar un gran avance en políticas públicas para el desarrollo de proyectos energéticos con energías renovables y la disminución de gases de efecto invernadero, así como el uso eficiente de la energía. Con estas políticas se busca desestimular el empleo de combustibles fósiles que generan grandes daños al medio ambiente.

La Ley de Servicios Públicos 142 de 1994 y la Ley Eléctrica 143 de 1994, definen los lineamientos generales para la prestación del servicio público domiciliario de energía eléctrica y el marco legal para el desarrollo de la regulación sectorial por parte de la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG. [37]

Con la aprobación de la Ley 629 de 2000 se ratifica el protocolo de Kioto de la convención del marco de las naciones unidas sobre el cambio climático realizado el 11 de diciembre de 1997. [36]

Esta ley se aprueba con el fin de promover el desarrollo sostenible del país y busca reducir las emisiones de GEI, generar el uso eficiente de la energía en los sectores pertinentes a la economía nacional y contribuir al fomento de la investigación y promoción para el desarrollo del uso de nuevas energías renovables y la aplicación de tecnologías de secuestro del dióxido de carbono que sean ecológicamente racionales. Esta ley, además promueve las Investigaciones científicas y técnicas, el mantenimiento y el desarrollo de procedimientos de observación sistemática y la creación de archivos de datos para reducir las incertidumbres relacionadas con el sistema climático, las repercusiones adversas del cambio climático y las consecuencias económicas y sociales de las diversas estrategias de respuesta. De manera conjunta se pretende realizar el desarrollo y el fortalecimiento de la capacidad de los medios nacionales para participar en actividades, programas y redes internacionales e intergubernamentales de investigación y observación sistemática.

Mediante la ley 697 de 2001 se fomenta el Uso Racional de la Energía URE que promueve la utilización e implementación de energías alternativas. Esta ley se declara como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional la cual busca asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, asegurando la competitividad económica nacional, la protección al consumidor y así mismo incentivar el uso de energías limpias de una manera más amigable y sostenible con el medio ambiente.

El gobierno nacional debe establecer normas e infraestructura necesaria para la aplicación de la ley, prestar la ayuda técnica y económica para la implementación de proyectos que se dediquen o estén guiados al uso racional de la energía (URE), asegurarse que estos mismos sean viables y amigables con el medio ambiente, aplicando la utilización de energías renovables.

El uso racional de la energía (URE), “es el aprovechamiento óptimo de la energía en todas y cada una de las cadenas energéticas, desde la selección de la fuente energética, la producción, transformación, transporte, distribución, y consumo incluyendo la reutilización, buscando en todas y cada una de las actividades una cadena el desarrollo sostenible”. [38]

La ley promueve y asesora el desarrollo de proyectos presentados por personas naturales o jurídicas de derecho público o privado todo esto de acuerdo a los lineamientos del programa uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales (PROURE). Este programa lo lleva a cabo el ministerio de minas y energías cuyo objetivo es vigilar el cumplimiento y la creación de programas para la vigilancia de los niveles mínimos de uso eficiente de energía sin que se perjudique bajo la normatividad vigente el medio ambiente y los recursos renovables.

La Ley 788 de 2002 estableció una excepción al impuesto de renta sobre los ingresos derivados de la venta de energía eléctrica generada a partir de residuos agrícolas, fuentes eólicas y biomasa. Esta Ley exige el cumplimiento de dos requisitos: tramitar certificados de emisión de CO<sub>2</sub> y, que al menos 50% de los recursos obtenidos por la venta de dichos certificados se inviertan en obras de beneficio social en la región donde opera el generador, lo cual es muy favorable para las empresas o personal que quieran utilizar estas energías y fomentar sus usos. [37]

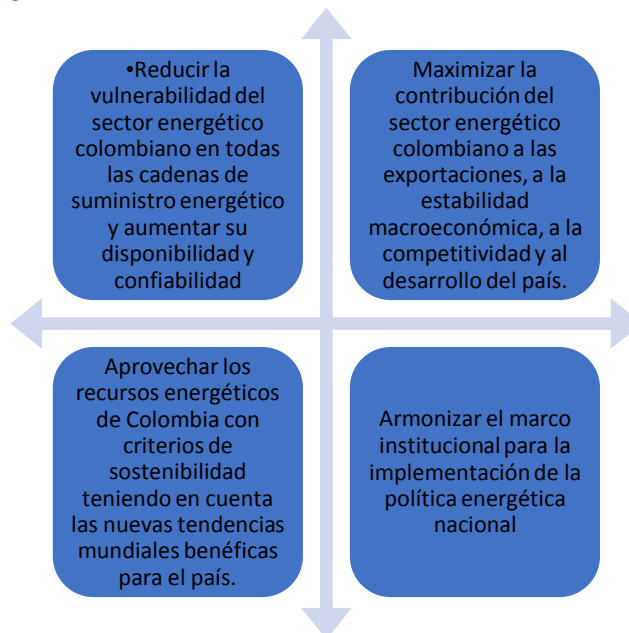
En la resolución 18 - 0919 DE 2010 del ministerio de minas y energías se adopta al plan de acción indicativo para los años 2010 a 2015 para desarrollar el programa de uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales, (PROURE). El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración y

sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. [39]

La resolución establece una serie de objetivos específicos para el uso del programa PROURE: Consolidar una cultura para el manejo sostenible y eficiente de los recursos naturales a lo largo de la cadena energética, construir las condiciones económicas, técnicas, regulatorias y de información para impulsar un mercado de bienes y servicios energéticos eficientes en Colombia. También se tiene que Fortalecer las instituciones e impulsar la iniciativa empresarial de carácter privado, mixto o de capital social para el desarrollo de subprogramas y proyectos que hacen parte del PROURE. Finalmente, facilitar la aplicación de las normas relacionadas con incentivos, incluyendo los tributarios, que permitan impulsar el desarrollo de subprogramas y proyectos que hacen parte del PROURE.

Dentro de esta resolución también se tiene en cuenta el Plan Energético Nacional 2010-2030: Dentro de la Versión Preliminar, se han contemplado como grandes objetivos los siguientes:

*Figura 35: Objetivos*



*Fuente: Plan Energético Nacional 2010 – 2030*

Se han definido políticas públicas energéticas para cada uno de los objetivos mencionados en la *Figura 35* las cuales incluyen políticas sub-sectoriales, propuestas para la regulación, necesidades prioritarias en materia de infraestructura e inversión social para un desarrollo sostenible, características muy importantes



para la expansión coordinada de los sectores electricidad, gas, carbón, petróleo y nuevas fuentes de energías renovables, se incluye aspectos ambientales, de impacto sobre la economía y uso racional tanto en la producción como en el consumo de la energía, a fin de que Colombia logre un pleno aprovechamiento de sus recursos bajo criterios de eficiencia, competitividad y sostenibilidad en el nuevo contexto internacional. Para el plan Energético Nacional 2010-2030, los temas relacionados con uso eficiente de la energía y promoción de las fuentes no convencionales de energía son temas pilares para el desarrollo energético de Colombia.

Con la aprobación de la ley 1665 del 16 de julio de 2013 el gobierno nacional promulga el estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables IRENA. Con la ratificación y la publicación de este estatuto el estado colombiano adquiere los deberes del desarrollo sostenible y la mitigación de los problemas de seguridad energética con la implementación y desarrollo de tecnologías de fuentes de energía no convencionales.

Con esta ley Colombia será miembro de la Agencia Internacional de Energías Renovables y se busca efectuar proyectos con energías renovables que vaya conforme a los estatutos y prioridades nacionales de eficiencia del sector energético.

Esta agencia cumplirá funciones de investigación en el campo de las energías renovables. Estará encargada de mejorar estas tecnologías y ofrecer a sus miembros los servicios de asesoramiento y apoyo en la implementación de estas políticas públicas. La promulgación se da luego de la celebración de la sexta asamblea del IRENA, donde se cita a los más de 150 países con el propósito de ver la aplicación de este tipo de energías y como combatir el cambio climático y acelerar la transición desde las fuentes convencionales a las alternativas. [40]

El sector energético es el responsable de dos tercios de los gases de efecto invernadero producidos en el mundo. Por lo cual se hace importante el uso de energías renovables y que los países que conforman esta agencia internacional estén comprometidos a tomar cartas sobre este tema tan delicado para poder llegar a un desarrollo sostenible.

La contribución de las energías renovables a la conservación del medio ambiente afecta positivamente de varias formas, entre ellas, es que ayuda a mitigar la presión ejercida sobre los recursos naturales y a reducir la deforestación. En las regiones tropicales reduce la desertificación y la pérdida de biodiversidad. De manera general, colabora con la protección del clima, al desarrollo sostenible, al abastecimiento de energía, al desarrollo regional y a la responsabilidad intergeneracional. [40]

El principal objetivo de IRENA es convertirse en el centro internacional de excelencia para la energía renovable y una plataforma para el intercambio y el desarrollo de los conocimientos de ello. Una vez logrado lo anterior, la IRENA se convertirá en la voz global para las energías renovables y facilitará el acceso a toda la información relevante de energía renovable, incluidos los datos técnicos, datos económicos y los datos de recursos renovables potenciales. [40]

Finalmente, en mayo de 2014 se aprobó la Ley 1715, que desarrolla una política pública para la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema energético nacional.

La presente ley se desarrolla para establecer el marco legal y los instrumentos para la promoción del aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, lo mismo que para el fomento de la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía, la eficiencia energética y la respuesta de la demanda, en el marco de la política energética nacional. Igualmente, tiene por objeto establecer líneas de acción para el cumplimiento de compromisos asumidos por Colombia en materia de energías renovables, gestión eficiente de la energía y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, donde se adquirieron compromisos a través de la aprobación del estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) mediante la Ley 1665 de 2013. [40]

El propósito de la ley 1715 es Orientar las políticas públicas y definir los instrumentos tributarios, arancelarios, contables y de participación en el mercado energético colombiano. Así como Incentivar la penetración de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable en el sistema energético colombiano, la eficiencia energética y la respuesta de la demanda en todos los sectores y actividades, con criterios de sostenibilidad medioambiental, social y económica. También se establecen mecanismos de cooperación y coordinación entre el sector público, el sector privado y los usuarios para el desarrollo de fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, y el fomento de la gestión eficiente de la energía.

El Estado debe estar a cargo a través de las entidades del orden nacional, departamental, municipal o de desarrollar programas y políticas para asegurar el impulso y uso de mecanismos de fomento de la gestión eficiente de la energía de la penetración de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en la canasta energética colombiana. Estimular la inversión, la investigación y el desarrollo para la producción y utilización de energía a partir de fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, mediante el establecimiento de incentivos tributarios, arancelarios o

contables y demás mecanismos que estimulen desarrollo de tales fuentes en Colombia. [40]

Aunque exista una política orientada a la promoción de las energías renovables como una forma de solventar el déficit de cobertura eléctrica y que a su vez ha generado un compendio de leyes destinadas al uso eficiente de la energía en los diferentes sectores, no es garantía de se cumpla. Por ello se hace el estudio de manera local bajo la metodología del proyecto PERS Orinoquia.

### **7.7. Uso eficiente de la energía en el departamento de Arauca**

Colombia será más competitiva en la medida que aumente su eficiencia energética, es decir, que debe emplear menos energía eléctrica para satisfacer las mismas necesidades lo que conseguirá un aumento en la calidad de vida de la población. Algunas de estas medidas de eficiencia energética que se deben aplicar son de sentido común por ejemplo apagar la iluminación cuando no estemos en la habitación o en el día, otras alternativas es el uso de tecnologías eficientes como la utilización de lamparas de bajo consumo o equipos con bajas potencias.

Para el análisis del uso eficiente de la energía se emplea el instrumento de recolección de información primaria propuesto por el PERS Orinoquia, de modo que se consigue información de tiempos de uso y tecnología de los diferentes dispositivos electrónicos encontrados en el sector residencial. La metodología de estimación del uso de la energía eléctrica consiste en agrupar los diferentes dispositivos electrónicos según su finalidad, es por ello que se clasifican en los siguientes componentes: iluminación, refrigeración, ambiente, cocción, electrodomésticos y televisores, este último por su amplia variedad de tecnologías que se encontraron en campo.

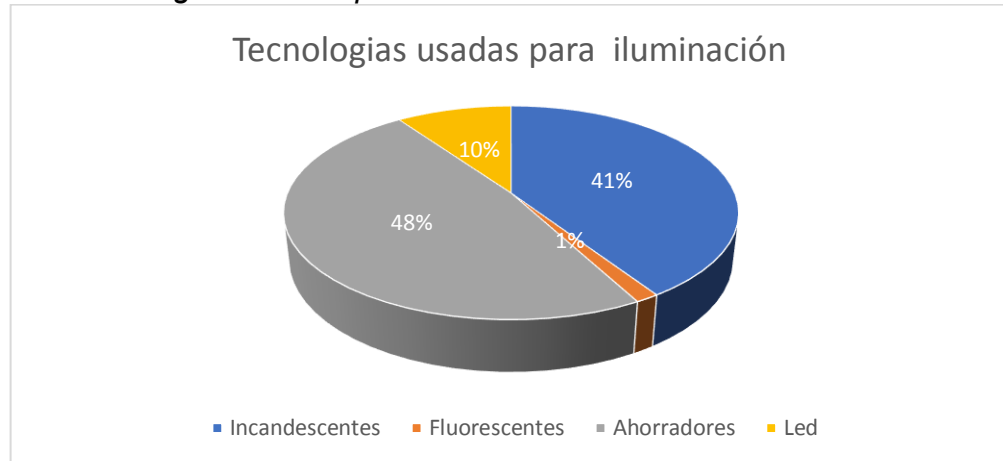
#### **7.7.1. Iluminación**

La luz es una de las necesidades energéticas más grandes en las viviendas del departamento de Arauca, representando aproximadamente la quinta parte de la electricidad que se consume en el hogar. Para obtener una buena iluminación se tiene que analizar las necesidades de luz en cada uno de las partes de la vivienda, ya que todos los espacios no requieren este servicio de la misma manera, ni durante el mismo tiempo, ni la misma intensidad.

Para el departamento de Arauca las tecnologías de iluminación de mayor uso en las viviendas son los bombillos ahorradores con un 48% el cual se muestra en la *Gráfica 5*, en segundo lugar, se encuentran los bombillos incandescentes con un

41% de uso, en tercer lugar encontramos los bombillos led con un 10%, en último lugar con un uso de 1% los bombillos fluorescentes.

*Gráfica 5 Tecnologías usadas para la iluminación*



*Fuente: Elaboración propia*

La aplicación del uso eficiente de la energía para la iluminación en las viviendas del departamento de Arauca está cubierta en un 58% por tecnología de bajo consumo. Se puede determinar que con un menor consumo energético estos hogares están obteniendo el mismo beneficio que otros que no emplean esta tecnología.

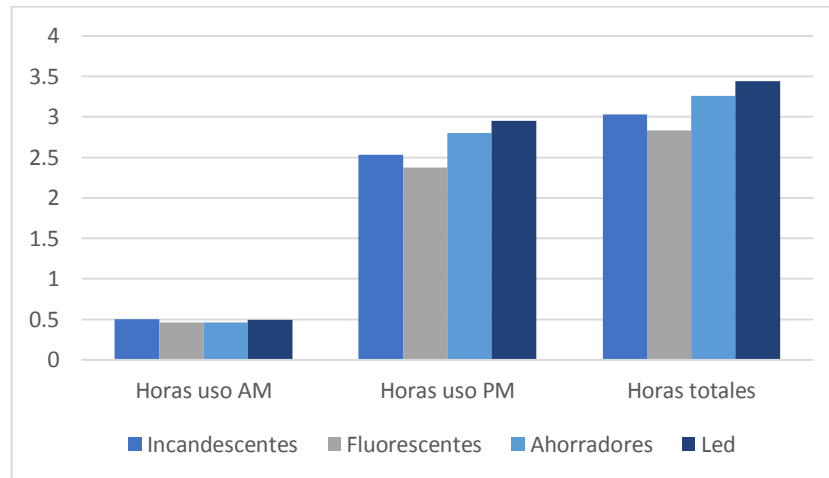
Todavía se tiene un gran desperdicio de energía eléctrica en la utilización de tecnologías de iluminación poco eficiente o de muy alto consumo en el departamento de Arauca con un 41% como lo indica la Gráfica 5. Por tal razón se debe concientizar a la población para que utilicen bombillos LED que a largo plazo se verá reflejado en una disminución de la demanda energética del departamento.

La iluminación LED es la más eficiente con un consumo, de entre 5 a 20 watts y es una tecnología relativamente nueva para el sector residencial del departamento de Arauca, lo que explica la poca utilización de ella. Por consiguiente, se debe estimular el uso de este tipo de luz para lograr mayor uso eficiente y racional de la energía eléctrica.

Los usos de estas fuentes de iluminación en las viviendas son en promedio de 0,47 Horas en la mañana y 2,66 Horas en la tarde como lo demuestra la Gráfica 6. Las horas en que más se utiliza el servicio de iluminación es de 6 PM A 9 PM, donde se presenta el mayor consumo energético residencial. Una solución para aumentar la eficiencia energética es la reducción a cero del uso en horas de la mañana aprovechando la iluminación ambiente y disminuir en cierto porcentaje el uso en la tarde mediante buenos hábitos como apagar los bombillos cuando no estemos

presentes en las habitaciones y cambiar los bombillos que tenga tecnologías obsoletas.

*Gráfica 6 Horas de uso al día de bombillos*



*Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio*

### 7.7.2. Refrigeración

Para el componente de refrigeración se consideraron todos aquellos dispositivos eléctricos que hacen parte de una cadena de frío. En la *Tabla 4* se observa los diferentes mecanismos encontrados en el departamento de Arauca, es de destacar notablemente que las neveras predominan sobre los demás con aproximadamente un 92% del hallado.

*Tabla 4: Dispositivos eléctricos en refrigeración*

Tipo	Cantidad	Edad > 10 años	Consumo
Nevera	565	70	93,09%
Nevecón	6	1	0,78%
Congelador	37	5	5,00%
Botellero	5	0	1,13%
Total	613	76	100,00%

*Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio*

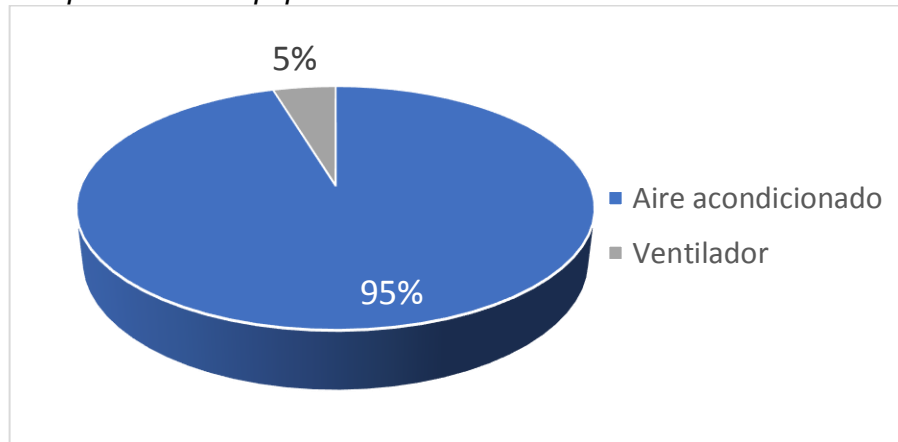
Así mismo, para poder determinar el consumo de esos dispositivos es importante tener en consideración la edad, ya que, con base en el documento metodológico del sector residencial de los Planes de Energización Rural Sostenible, la tecnología empleada en refrigeración presenta un consumo diferente para aquellas que tienen más de 10 años de edad.

Los 76 dispositivos mayores a 10 años de edad representan un consumo del 16.64% puesto que son tecnologías antiguas, por ello se hace un punto importante ya que con la actualización de estos mecanismos a unos con clasificación de A en eficiencia energética es posible conseguir una reducción hasta del 55% menos del consumo energético.

### 7.7.3. Ambiente

Para determinar el consumo de energía en la adecuación del ambiente, es necesario agrupar en dos categorías: Aires acondicionados y ventiladores. En la *Gráfica 7* se puede ver claramente que la cantidad de ventiladores en comparación con los aires es supremamente alta llegando a una diferencia de 90%, por consiguiente, de un total de 343 dispositivos, solamente se encontraron 16 aires acondicionados: cinco de tipo ventana, dos de Split y nueve de mini Split.

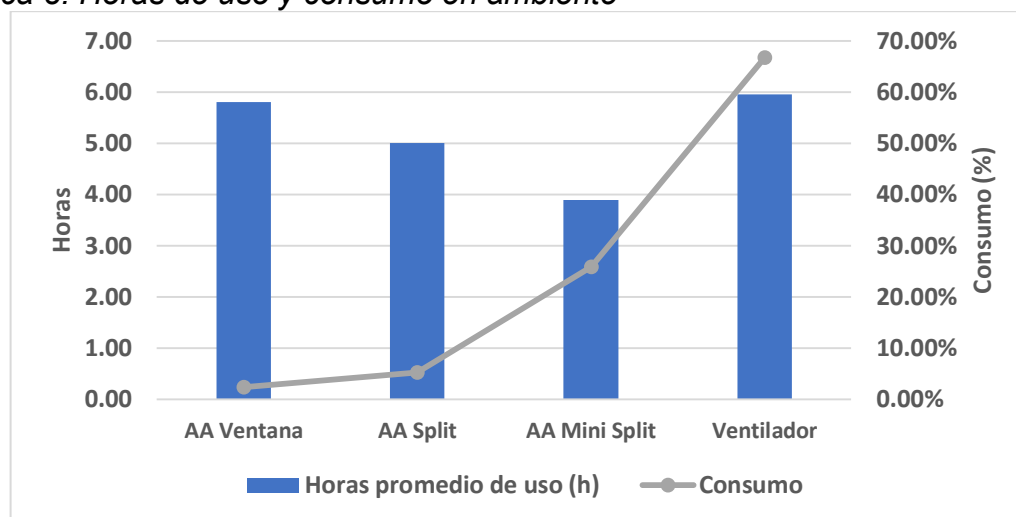
*Gráfica 7: Proporción de equipos en ambiente*



*Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio*

Como es de esperarse, debido a la alta cantidad de ventiladores el consumo es igualmente alto llegando a los 66,66% del total del componente de ambiente. Gracias a la *Gráfica 8* es posible resaltar que el consumo de los aires acondicionados tipo Mini Split es supremamente alto comparado con el de los ventiladores ya que únicamente se analizaron nueve de estos dispositivos. Es posible afirmar que un aire Mini Split funcionando durante cuatro horas equivale a 36 ventiladores funcionando por seis horas simultáneamente.

Gráfica 8: Horas de uso y consumo en ambiente



Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

#### 7.7.4. Cocción

El uso de la energía eléctrica destinada para cocción es relativamente pequeño, pues en el departamento la principal fuente usada para este fin es el gas propano. Sin embargo, se encontraron 7 hornos eléctricos que eran empleados para tareas muy puntuales de calentamiento de alimento.

Tabla 5: Dispositivos eléctricos para cocción

Tipo	Cantidad	Horas uso	Consumo
Convencional	3	0,85	93,88%
Microondas	3	0,10	5,86%
Dorador	1	0,01	0,26%
Total	7		100,00%

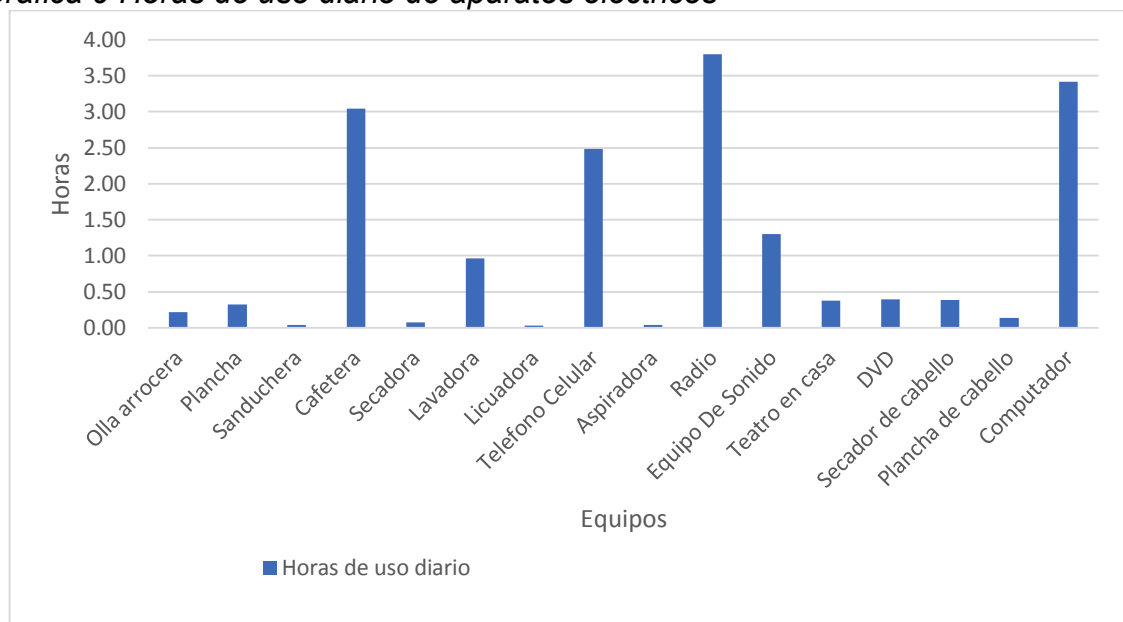
Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio

El consumo total no supera los 5,6 KWh – día, como se puede apreciar en la *Tabla 5*, casi en su totalidad es demandado por el horno convencional, es decir, ese horno que aprovecha el efecto Joule para calentar u hornear los alimentos. Adicionalmente se encontraron hornos microondas, pero gracias uso de aproximadamente 6 minutos el consumo solamente alcanza el 5,86% de la energía total usada en cocción.

### 7.7.5. Electrodomésticos

El uso de equipos electrónicos en las viviendas del departamento de Arauca se muestra en la Gráfica 9, es posible observar el tiempo promedio de uso de estos equipos para suplir las necesidades del hogar, el radio es el más utilizado con un tiempo promedio de servicio de 3,80 Horas día, en segundo lugar se encuentra el computador con tiempo de funcionamiento de 3,42 Horas día, en tercer lugar se encuentra la cafetera con uso promedio de 3,05 Horas día.

*Gráfica 9 Horas de uso diario de aparatos eléctricos*



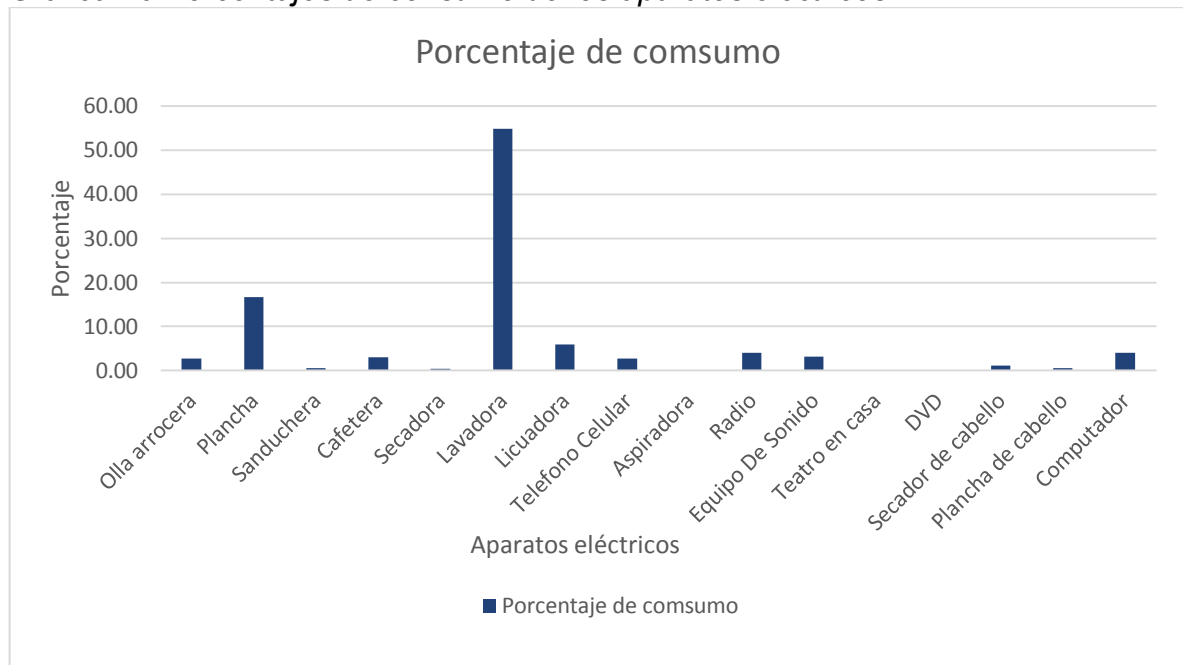
*Fuente: Elaboración propia.*

Para poder llevar un uso eficiente y racional de estos equipos electrónicos debemos de tener en cuenta algunas recomendaciones básicas como:

- Cuando no se esté utilizando celular, computador, equipo de sonido o cualquier otro aparato electrónico, se deben de apagar y desconectar de la corriente eléctrica. No tiene sentido que solo se apaguen, ya que estos artefactos siguen consumiendo energía cuando están enchufados.
- Otra media que se debe de tomar a la hora de comprar un artículo electrónico, es fundamental buscar y revisar su etiquetado de eficiencia energética respectiva. Todos los aparatos electrónicos que se venden deben llevar dicho etiquetado que califica el consumo siendo la A la más eficiente.



**Gráfica 10 Porcentajes de consumo de los aparatos eléctricos**



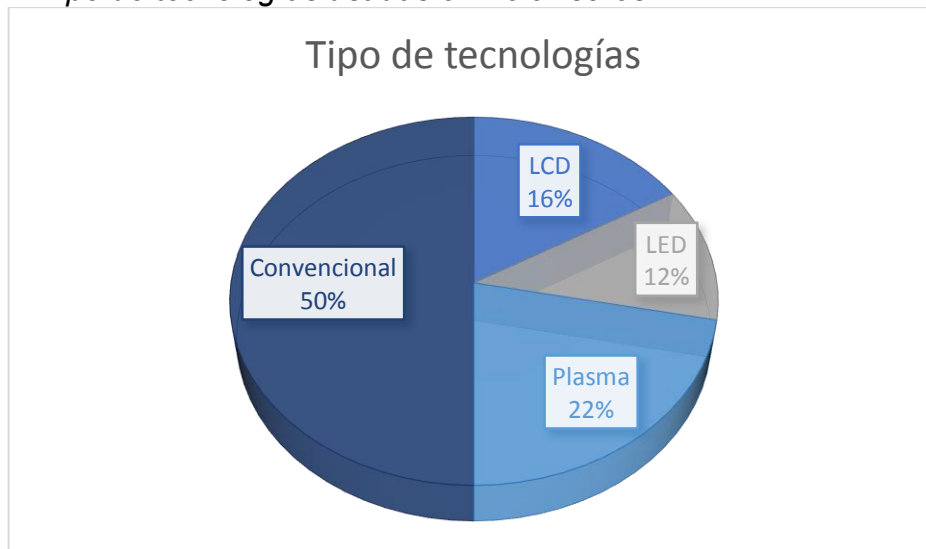
*Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio*

Con respecto a los aparatos eléctricos con porcentajes de mayor consumo en las viviendas del departamento de Arauca, lo que muestra la Gráfica 10 es que la lavadora representa el 54,89 % del consumo eléctrico total, también se identifica que la plancha tiene un consumo elevado y solo se usa alrededor de 0,32 horas en el día con porcentaje de consumo de 16,66 %, seguido de la licuadora con 5,98 % de consumo al día. Con estos datos se puede corroborar que los aparatos electrónicos con mayor consumo son aquellos que emplean la energía como una forma de producción de calor y movimiento, es decir, el uso del efecto Joule y motores eléctricos.

#### **7.7.6. Televisores**

Cada vivienda del departamento de Arauca tiene al menos un televisor, la potencia unitaria de estos aparatos es pequeña, pero, su utilización es muy grande, lo cual le hace ser responsable de un consumo importante de energía. Los tipos de tecnologías más usadas en los televisores en las zonas residenciales se muestran en la Gráfica 11, donde los televisores convencionales siguen siendo los más usados con un 50% de total, en segundo lugar, encontramos la tecnología plasma con 22%, las tecnologías menos usadas son las led con un 12% y la LCD con un 16%.

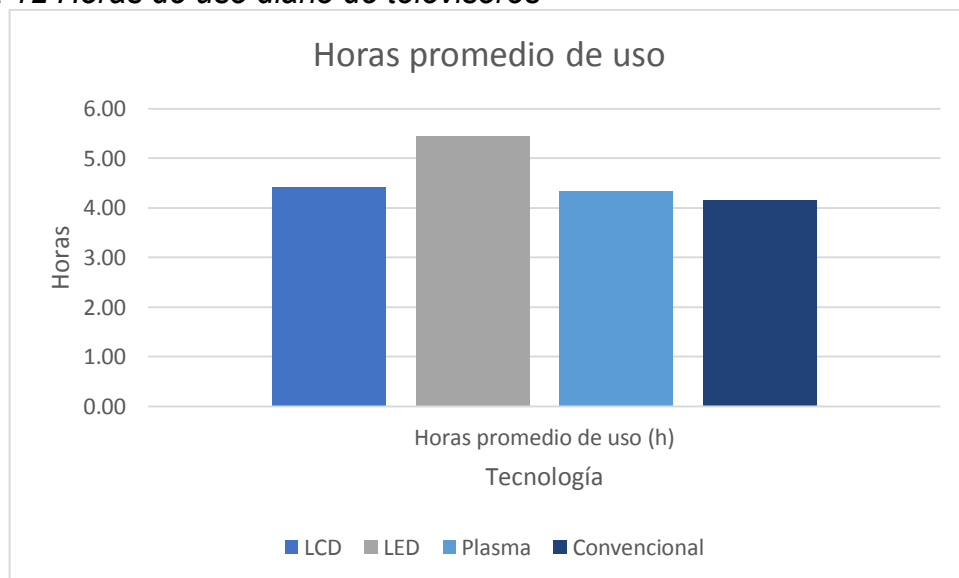
**Gráfica 11 Tipo de tecnologías usadas en Televisores**



*Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio*

El tiempo promedio de uso de los televisores al día en los hogares es de alrededor de 4,50 horas, con este tiempo se puede establecer que es uno de los aparatos eléctricos más usados en el departamento.

**Gráfica 12 Horas de uso diario de televisores**

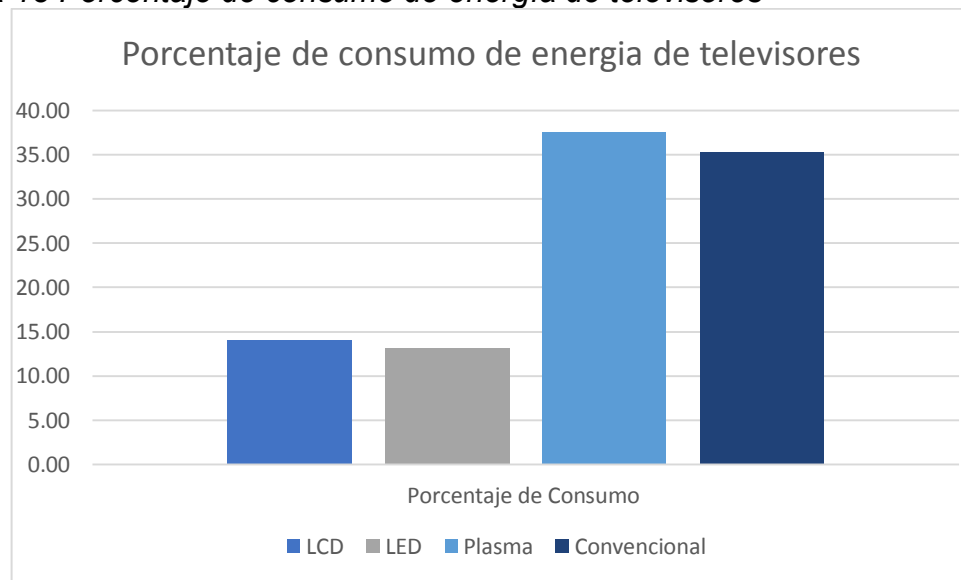


*Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio*

En la Gráfica 13 se observa el porcentaje de consumo de las diferentes tecnologías, los televisores plasma son los que mayor consumo energético presentan con un

37,55 %, En segundo lugar, encontramos los televisores convencionales con 35,29%. Y por último un escaso consumo que no supera el 15% para las tecnologías más eficientes. Esto nos da una gran visión sobre los equipos y las tecnologías que se están usando en los hogares e implementar medidas donde se pueda llevar a cabo un uso racional y responsable de la energía, como por ejemplo el cambio general de todos los televisores a tecnología LED.

*Gráfica 13 Porcentaje de consumo de energía de televisores*

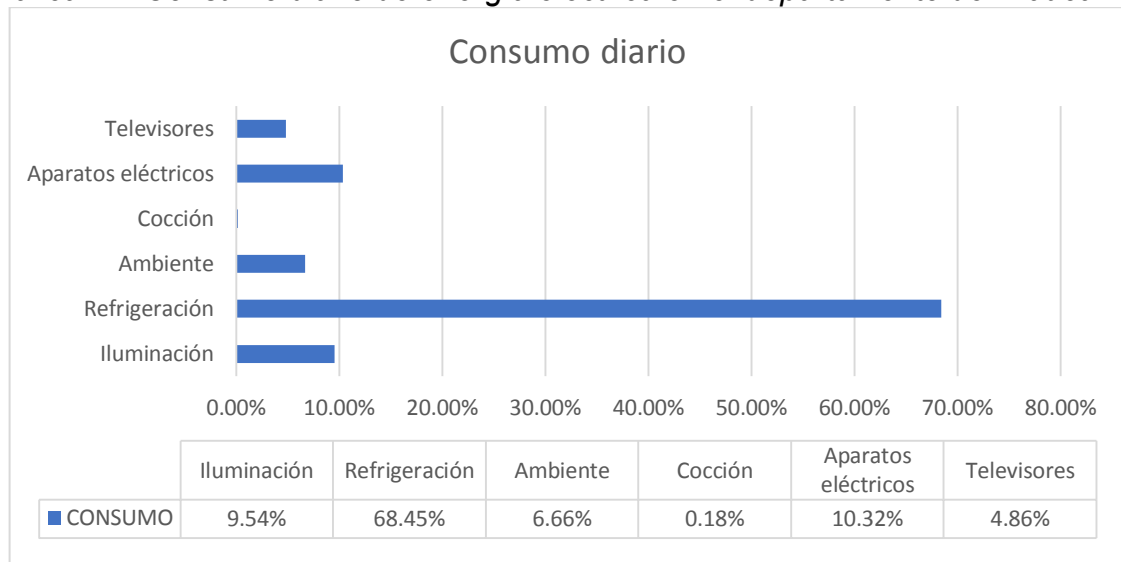


*Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio*

#### **7.7.7. Consumo general**

El consumo diario del total de viviendas encuestadas en el departamento de Arauca oscila alrededor de los 3,2 MWh – día. En la *Gráfica 14* indica que aproximadamente el 70% de este consumo es destinado para la refrigeración por lo que se hace indispensable actuar en ese componente, pues con la sola adquisición de mecanismos con una clasificación energética de A se logra un ahorro significativo. Además, el uso de aparatos eléctricos, iluminación y televisores representan un 25% del consumo que puede ser afrontado con la modernización de la tecnología que ya es obsoleta.

**Gráfica 14: Consumo diario de energía eléctrica en el departamento de Arauca**



*Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio*

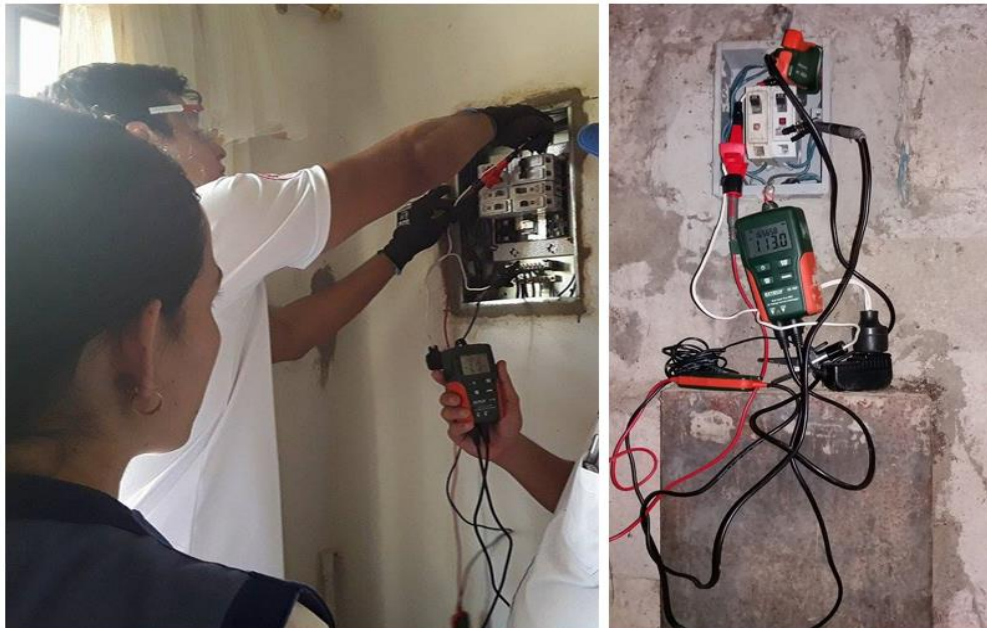
## 7.8. Mediciones en el sector residencial

De forma paralela al trabajo de campo hecho en Arauca, se toman mediciones del consumo de energía eléctrica en las viviendas como una forma de complementar y dimensionar la información adquirida por medio de las encuestas del proyecto PERS Orinoquia. Para las mediciones se emplea el datalogger DL160 cuya característica principal registrar los datos en el tiempo de corriente y voltaje.

Para poder efectuar una medición es necesario cumplir con el siguiente protocolo:

- 1- Una vez finalizada la encuesta residencial explicar al encuestado el resultado esperado con las mediciones.
- 2- Preguntar al encuestado si da la aprobación para instalar el datalogger DL160 en la caja de distribución.
- 3- Rectificar que el datalogger este bien configurado para el registro de datos.
  - a. Memoria libre.
  - b. Tasa de muestreo de 1 segundo.
  - c. Batería completa.
- 4- Realizar la implementación en la caja de distribución para registrar voltaje y corriente con los elementos de seguridad requeridos, ver *Figura 36*.
- 5- Iniciar la grabación de los datos a medir.
- 6- Esperar el tiempo propuesto para completar el registro de datos.
- 7- Retirar el dispositivo y dejar la caja de distribución en su estado original.

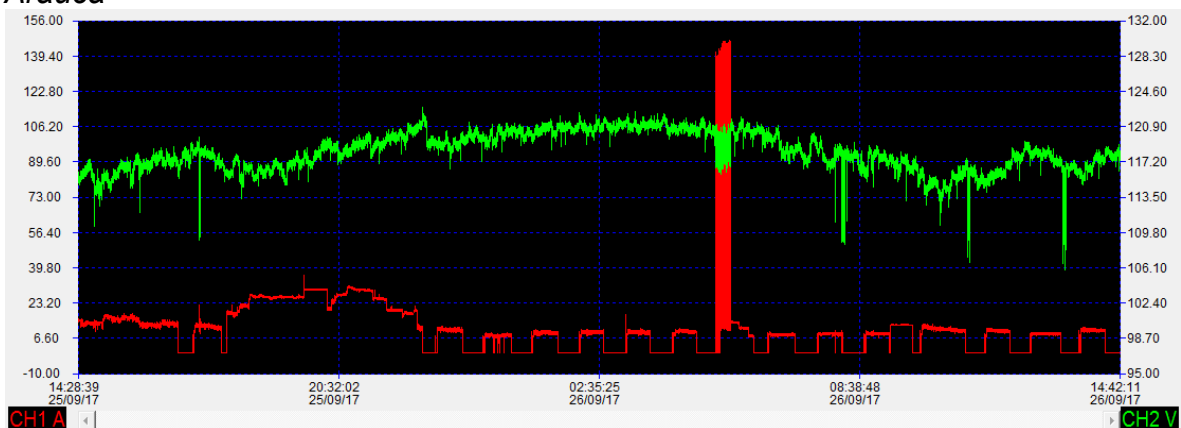
Figura 36: Implementación datalogger DL160



*Fuente: Elaboración propia con datos del Observatorio del Territorio*

Es importante mencionar que bajo el marco del proyecto PERS Orinoquía se establece que los parámetros de medición sean un segundo de muestreo y un tiempo mínimo de 24 horas, de este modo es posible registrar el consumo diario de una vivienda de manera más precisa. Adicionalmente se hizo una modificación en la pinza para la medición de corriente, pues la resolución no era adecuada para el sector residencial por lo que se optó por multiplicarla por un factor de 10.

Figura 37: Comportamiento del consumo de una vivienda en el departamento de Arauca



*Fuente: Observatorio del Territorio.*

En la *Figura 37* se muestra el comportamiento energético de una vivienda promedio en el departamento de Arauca y se puede ver claramente todas las etapas de consumo del hogar y que con ayuda del jefe del hogar es posible describir más a detalle.

La medición estuvo comprendida entre las 2:28 pm hasta las 2:42 pm del siguiente día. En una primera instancia se logra identificar el consumo de la tarde en donde lo único en funcionamiento es la televisión de la sala y se encuentra alrededor de los 0,17 KWh. Luego en horas de la noche el consumo aumenta hasta los 0,413 KWh debido a que se empieza a usar la iluminación del hogar y se reúne la familia para ver la televisión. Posterior a esto, llega un periodo homogéneo ya que la familia se dispone a descansar para el nuevo día, aquí se puede identificar los ciclos de la nevera, pues es el único dispositivo conectado durante toda la noche, por consiguiente, la corriente toma un comportamiento de señal cuadrada, donde se determina que el consumo con ciclo es de 0,108KWh, cada ciclo dura aproximadamente 40 minutos.

Llegada la madrugada cuando la familia se dispone a desayunar se puede notar unos picos considerables de corriente que corresponden al uso de la licuadora para preparar la comida. Alcanza un máximo de 14 A llegando a tener picos de consumo de 1,68 KWh. Para el resto del día el comportamiento es similar al de la noche, pues la casa se encuentra sola y únicamente la nevera en funcionamiento.

## **7.9. Visión energética Nacional**

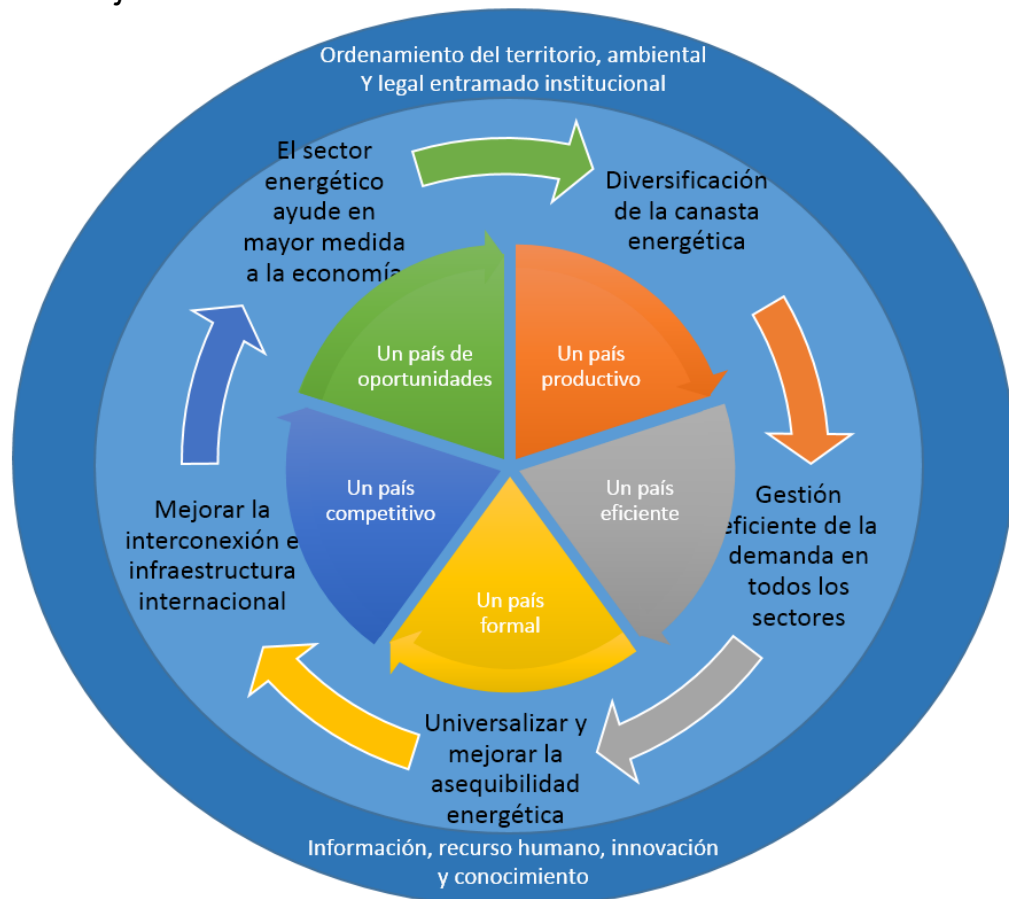
El panorama energético renovable junto con la política pública presentada anteriormente está direccionado por el *Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2015* propuesto por la UPME, el cual consta de la presentación de algunas ideas sobre el desarrollo futuro del sector energético colombiano que pueden servir como una estructura base para elaborar e implementar la política energética.

Se busca que la política energética sea modelada para largo plazo, esta será una política cuyo objetivo principal logre el abastecimiento interno y externo de la energía de manera eficiente con la característica de que ocasione el menor impacto ambiental y a su vez generando valor para las regiones y poblaciones.

En el Plan Energético Nacional se “plantean los lineamientos con los que se busca alcanzar el objetivo principal propuesto, para lo cual se han definido cinco objetivos específicos focalizados en la oferta energética, la demanda, la universalización, las interconexiones internacionales y la generación de valor alrededor del sector energético. De igual forma se formulan dos objetivos transversales, necesarios para contar con la información, conocimiento y recurso humano, así como para

desarrollar y armonizar el marco institucional y de esta manera facilitar la implementación de la política energética nacional. Estos objetivos se ilustran en la Figura 38, en su versión ampliada para los sectores minero y energético.” [41]

*Figura 38: Objetivos*



*Fuente: Plan Energético Nacional: Ideario Energético 2050*

El **primer objetivo** “*Un país productivo*” busca diversificar la canasta energética, es decir, todo lo referente a la infraestructura de transporte y distribución, la regulación, disponibilidad, confiabilidad, entre otros, que hacen parte del sector energético. A nivel general, este objetivo lo que quiere lograr es básicamente que se puedan incorporar otras fuentes de energía y sus tecnologías asociadas tanto para la producción de energía eléctrica como a la de combustibles empleados en el sector de transporte, en la industria y el sector residencial para así alcanzar a cumplir con la confiabilidad, cobertura y disponibilidad que se debe satisfacer en este sector. También va encaminado que la infraestructura de transporte asociada se integre a la sociedad y comunidades teniendo el cambio técnico que estos presenten.

El **segundo objetivo** “*Un país eficiente*” tiene como objetivo la gestión eficiente de la demanda en todos los sectores de modo que se pueda incorporar tecnologías de transporte limpio. En fin, se busca la reducción de la intensidad y la demanda energética de modo que contribuirá con la disminución de GEI teniendo como base la mejora de hábitos y la adopción de tecnologías mejores. Todas estas medidas que se toman, van encaminadas a mejorar la eficiencia energética, mejorar la confiabilidad del suministro y lo más importante es que ayuda con el cambio climático pues mejora ecológicamente la explotación, generación y transporte de energía.

El **tercer objetivo** “*Un país formal*” es el más importante en cuanto a cobertura energética, puesto que busca universalizar y mejorar la asequibilidad de la energía a nivel nacional llegando a las regiones más apartadas de los municipios que no cuenten con el servicio continuo de energía. En este objetivo se consideran todas aquellas acciones que van a garantizar este servicio, la concepción de esquemas de energización que a su vez obtengan el mínimo impacto y de fácil asequibilidad para los consumidores.

El **cuarto objetivo** “*Un país competitivo*” busca que el país alcance un nivel de incidencia considerable en las interconexiones internacionales e infraestructura para la comercialización de energéticos estratégicos. El mejoramiento de la interconexión con los países vecinos y la influencia en el mercado internacional busca satisfacer dos propósitos, en primera instancia que el suministro energético se convierta en un pilar del mercado y a su vez ayude a mejorar la competitividad del país.

Finalmente, el **quinto objetivo** “*Un país de oportunidades*” está orientado a que el sector energético colombiano ayude en mayor medida con los diferentes aspectos de la economía nacional, es decir, que sea un apoyo en las exportaciones, ayude con la estabilidad macroeconómica, a la competitividad y al desarrollo del país, todo esto mediante el desarrollo de las regiones y poblaciones locales. La generación de valor en el sector energético que gira alrededor de la explotación energética es un camino mediante el cual se puede llegar a superar problemas de pobreza y fragmentación social en las regiones de todo el país.

Los objetivos transversales que se establecen en la Figura 38 están relacionados a crear vínculos entre la información, el conocimiento técnico y la innovación en el sector energético con el fin de disponer del capital humano necesario para el desarrollo de este mismo. Por otro lado, también busca formar un estado más eficiente, actualizando y modernizando los marcos regulatorios referentes a los diferentes sectores, así como la capacidad de afrontar los diferentes cambios que resultarán de los objetivos anteriormente planteados.



## 7.10. Modelos adoptados por otros países

Así como en Colombia la política y los diferentes sectores e instituciones realizan un acoplamiento de su función en torno al uso eficiente de la energía incluyendo la generación por parte de fuentes alternativas que ayuden a suplir el uso de las fuentes convencionales para ayudar con la disminución de GEI causantes del cambio climático actual. A nivel internacional existen algunos países que ya han avanzado más a fondo en relación de estas nuevas políticas y acciones amigables con el medio ambiente, es por ello que se mencionan las medidas que ellos han empleado y van a ser empleadas en los siguientes años y que fueron presentadas en el Plan Energético Nacional de 2015 desarrollado por la UPME como una vista a la situación internacional sobre la situación energética.

**Alemania:** Es el principal exponente de este nuevo modelo. En este país se han llevado a cabo una serie de medidas y acciones legislativas enfocadas en esta transición energética. Se han fijado una serie de objetivos y metas mencionadas a continuación:

- Reducción de GEI del 80 – 90% para el 2050
- Las energías renovables tendrán un 60% de participación en el sector eléctrico
- Aumento al 50% de la eficiencia del sector eléctrico

Las anteriores medidas estarán acompañadas con un incremento significativo en la Investigación y Desarrollo (I&D), adicionalmente se tienen estudios de la posibilidad de tener un sistema eléctrico 100% renovable. Para el sector transporte crearon el Programa Nacional de Innovación para el Hidrógeno y las Celdas de Combustible con el que buscan apuntar a un sistema de transporte conformado por vehículos híbridos y eléctricos. El empleo de la biomasa para la generación de energía eléctrica es una fuerte línea de investigación actualmente. Aunque estos propósitos de transición han tenido dificultades para desarrollarse y obtener los resultados esperados en cuanto a emisiones de GEI se refiere, el gobierno persiste en refinar las estrategias para lograr las metas trazadas a largo plazo.

**Estados Unidos:** También ha llevado una serie de acciones realizar esta transición, entre las más importantes tenemos las siguientes:

- Modificar patrones de consumo
- Direccional la generación eléctrica convencional hacia fuentes renovables, principalmente eólica.
- Utilizar bioenergía
- Implantar el transporte con electricidad

- Mejorar la eficiencia de la flota vehicular

Adicionalmente, se han realizado esfuerzos considerables para adoptar el sistema de distribución eléctrico invirtiendo en tecnología de redes inteligentes por medio de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Energía (ARPA-E, por sus siglas en inglés). También cuentan con medidas para el uso eficiente de la energía la cual cubre todos los portadores energéticos y usos. Estados Unidos también apunta a la energía nuclear, pero mediante una política de estímulo y nuevos marcos regulatorios.

**Inglaterra:** Al igual que Alemania y Estados Unidos ha empezado la transición energética. Este país ha optado por emplear acciones más específicas entre ellas la acogida de documentos de política para la eficiencia energética, impulsar una política para la seguridad en el suministro, políticas para las energías renovables y para la captura de carbono. Cabe destacar de Inglaterra la creación de una oficina dedicada a la implantación de proyectos de eficiencia energética denominada “*Oficina de Despliegue de Eficiencia Energética*” (por su nombre Energy Efficiency Deployment Office). Cuenta con un programa llamado “casa de cero emisiones” que lleva años de implementación, con el que busca mitigar la emisión de GEI por parte del sector residencial. Además, ha tomado las siguientes medidas:

- Diseño de políticas para apoyar el mercado financiero de las energías renovables.
- Creación de programas de investigación para la innovación de energías renovables.
- Promoción de nodos de conocimiento en energía renovables.
- Creación de programas de normalización y auditoría energética.

En cuanto a la seguridad energética, se ha planteado un enfoque a los mercados energéticos internacionales, como medida en caso de interrupciones de suministro y principalmente en la modernización de redes para garantizar la confiabilidad y disponibilidad del servicio. Ya hablando de metas para las energías renovables se han impuesto que el 15% de la demanda energética será suplida por las energías renovables para el año 2020; no solo en el servicio de electricidad si no en todos sus usos locales, como lo es la demanda de calor y los combustibles para el transporte. La fuente que se espera explotar es la eólica marina y terrestre, así mismo apoyarse en la energía mareomotriz, la bioenergía, la generación de calor con la biomasa, mejorar en las bombas de calor con portadores renovables.

Inglaterra cuenta con un avance importante en las redes eléctricas, pues dio paso a modificar el sistema tarifario para poder remunerar la innovación necesaria para adaptar las redes al nuevo ambiente de generación y almacenamiento distribuido.

El proyecto en donde se hizo esta transición es conocido como “*Ingresos = Incentivos + Innovación + Productos, una nueva forma de regular las redes de energía*” (por su nombre *RIIO, a new way to regulate energy networks*).

Para afrontar la situación de captura de carbono, se va a realizar una inversión considerada para un programa de comercialización y lo más importante es que en la actualidad desarrolla el marco regulatorio para el almacenamiento del carbono.

De forma conjunta el ESMAP, Banco mundial, los Fondos de Inversión Climática CIF y el programa de Energía Sostenible para Todos, se han dado a la tarea de crear los Indicadores Regulatorios para Energía Sostenible RISE que ayudan a comparar las políticas nacionales y los marcos regulatorios para la energía sostenible. Evalúa la política de los países y el apoyo normativo para cada uno de los tres pilares: Acceso a la energía, eficiencia energética y el uso de energías renovables. Por esta razón, se señalan algunas medidas optadas por los países mejor calificados.

**Dinamarca:** Es el país mejor calificado por RISE con 94 sobre 100 y se debe a que cuenta con una política bastante sólida en todos los pilares. En marzo de 2012 instauro el Acuerdo Energético Danés 212 con el cual logra obtener un compromiso político amplio con una ambiciosa transición a energías limpias que se centra en el ahorro de energía en toda la sociedad y en todos los sectores. Para el año 2020 el consumo de energía será un 12% menos en comparación con el 2006, habrá un aumento del 35% de participación por parte de las energías renovables y el 50% del consumo total será suplido por la energía eólica.

El acuerdo es importante para cumplir con el mayor logro político y es que para el año 2050 Dinamarca sea capaz de satisfacer toda la demanda de electricidad, calefacción, industria y transporte por medio de la energía renovable. Plantea llevar a cabo esta meta a través de las siguientes medidas:

- Las empresas de energía deben realizar ahorros de energía específicos consultando a expertos y ofreciendo subsidios.
- Construcción de turbinas eólicas marinas de 600 MW y 400 MW.
- Generar carbón para la calefacción por medio de la biomasa.
- Eliminar cualquier consumo de combustibles fósiles para la calefacción.
- Instalación de redes eléctricas inteligentes.

**Canadá:** Es el segundo puesto en el ranking de RISE con un puntaje de 91 justo por la forma de afrontar la reducción de GEI que por medio del gobierno se ha comprometido con ampliar la producción y el uso de biocombustibles renovables más limpios, como el etanol y biodiesel. Canadá emplea una estrategia que reduce

las emisiones y a la vez incentiva a una mayor producción de biocombustibles con la comercialización de nuevas tecnologías para apoyar y generar nuevas oportunidades de mercado que benefician a los productores agrícolas y comunidades rurales. Reducir las emisiones de GEI en un 17% para el año 2020 y 30% para el año 2030 en comparación con el año 2005 es el principal aporte al cambio climático.

En cuanto a las energías y su uso eficiente, Canadá ha generado la iniciativa de innovación ecoENERGY puesta en marcha en abril de 2007 y está destinada para fomentar la generación de electricidad a partir de fuentes de energía renovables como la eólica, la hidroeléctrica de bajo impacto, la biomasa, la fotovoltaica y la geotérmica. Aunque no se han firmado nuevos acuerdos de este tipo desde el 2011, los proyectos que contribuyen a la red eléctrica reciben un incentivo de un centavo de dólar por KWh durante sus primeros diez años de operación. El programa finaliza en marzo de 2021. Complementario a esto, ecoENERGY plantea una serie de metas a mediano plazo:

- El 30 a 40 % de la generación eléctrica sea proporcionada por fuentes renovables.
- Alcanzar una generación de 10.700 MW en energía solar, eólica y biomasa para el año 2021.
- Generar 9.300 MW mediante el uso de hidroeléctricas de bajo impacto.

## **8. RECOMENDACIONES**

El cambio climático y la falta de cobertura eléctrica son dos problemas que se pueden solucionar mediante el empleo de nuevas tecnologías, por ello es importante recalcar que el departamento de Arauca posee una oferta energética considerable y para aprovecharla es necesario que se articule conjuntamente con los programas y planes propuestos a nivel nacional, de este modo es posible apuntar a un sector energético renovable que de manera conjunta con el apoyo de las comunidades afectadas es factible llegar a implementar soluciones limpias y sostenibles.

Priorizar soluciones energéticas limpias, ya que actualmente la ley 1715 del 2014 apoya a quien implemente proyectos con fuentes no convencionales de energía renovable, con la reducción anual de su renta por los 5 años siguientes al año gravable en que hayan realizado la inversión. Adicionalmente, trae la posibilidad de tomar una depreciación acelerada sobre las maquinarias, equipos y obras civiles necesarias para la, inversión y operación de la generación de estas energías.

Realizar campañas con las comunidades donde se impulse el uso racional y eficiente de la energía. En las cuales se explique los costos energéticos que tiene la utilización de tecnologías obsoletas como por ejemplo la utilización de bombillos incandescentes, o el derroche energético que representa dejar encendido un dispositivo eléctrico cuando no se está utilizando.

A nivel nacional, instaurar una política pública lo suficientemente sólida que asegure la sostenibilidad y compatibilidad de la energía renovable con el ambiente y el desarrollo local. Imponer una serie de objetivos concretos a corto, mediano y largo plazo que impliquen el empleo de fuentes alternativas y la reducción de GEI, de forma transversal dar un vistazo a las diferentes estrategias empleadas por los países que llevan más experiencia en el campo de la eficiencia energética y tomar como referencia aquellas medidas que puedan ayudar a completar las metas propuestas.

## **9. RESULTADOS**

### **9.1. Oferta energética**

El departamento de Arauca posee una oferta energética alta para cada uno de los cuatro componentes analizados, donde se destaca que el recurso solar evidencia bastante potencialidad disponible oscilando entre los 5,00 a 5,47 KWh/m<sup>2</sup> – día en la totalidad de la superficie de los municipios de Arauca, Arauquita, Cravo Norte y Puerto Rondón.

El potencial hídrico de la región y la escala de la tecnología empleada para su explotación es directamente proporcional a la longitud horizontal. Adicionalmente, con el análisis realizado del potencial hidroenergético permite identificar que los municipios con mayor capacidad para generar o instalar centrales hidroeléctricas son Saravena con un promedio de 208,37 MW y Cravo Norte con 149,61 MW debido a la variedad de ríos que atraviesan su territorio.

La densidad de energía eólica en el departamento de Arauca es bastante sobresaliente en las alturas de 10 m, 50 m y 80 m, pero comparten la característica que los municipios de Arauca, Saravena y parte de Fortul son los que cuentan con el menor promedio de densidad energética sin superar los 3,5 W/m, 17,5 W/m y 45,5 W/m para cada una de las alturas analizadas.

El potencial de la biomasa agrícola es de 6520,88 GW y es aportado en un 90% por el cultivo de plátano que se encuentran en mayor medida en el municipio de Tame. Para el sector pecuario presenta un potencial de 954,62 GW/año y es principalmente obtenido por la parte bovina, pues es la actividad pecuaria más empleada a lo largo de todo el departamento.

### **9.2. Aprovechamiento energético actual**

Con base en la información oficial obtenida de los sitios web de ENELAR, y del Sistema General de Regalías SGR, sumado a la base de datos conseguida en los acercamientos institucionales de cada municipio se observa que, de un total de 116 proyectos, 113 están destinados a fortalecer el SIN, por lo que se entiende que el sector energético departamental está orientado únicamente al mantenimiento y expansión de las redes eléctricas convencionales.

La participación de la energía solar es del 2.58% con solamente tres proyectos que implican la implementación de paneles fotovoltaicos. Para el resto de las componentes energéticas analizadas no se encontró información.

### **9.3. Política pública**

La creación y aprobación de las políticas públicas en beneficio de las energías renovables se ha logrado gracias a los acuerdos que se han adelantado a nivel mundial donde se busca mitigar el daño al medio ambiente, así como también reducir el calentamiento global y llevar a cabo una transición gradual de los combustibles fósiles hacia las energías limpias.

Una de las políticas públicas más importante que se ha aprobado recientemente es la ley 1715 del 2014 la cual busca promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y la seguridad del abastecimiento energético.

Para el departamento de Arauca la política pública, que se ha creado para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, está encaminada a motivar el aprovechamiento de fuentes renovables, así como un uso racional y eficiente de la energía. Estas políticas públicas son la base fundamental para el desarrollo sostenible de la región ya que contribuyen a la conservación y cuidado del medio ambiente y de igual forma promueven el desarrollo de tecnologías, investigación y la inversión para la implementación de proyectos energéticos a pequeña, mediana y gran escala mediante el aprovechamiento de la oferta energética de los recursos renovables.

### **9.4. Uso eficiente de la energía**

El uso eficiente de la energía en el departamento de Arauca es relativamente bajo, se encontraron en uso muchas tecnologías que actualmente se consideran obsoletas y poco eficientes. En el caso de la iluminación de más de 1800 bombillos solamente el 10% eran LED y 48% ahorradores. Sucede la misma situación para los televisores, 50% del total encontrado son de tipo convencional.

La mayor cantidad de energía está destinada para satisfacer las necesidades de refrigeración y cadenas de frío, pues se cuenta con un aproximado del 68% del consumo total de todo el departamento. Al ser el componente más demandante de todos los analizados, lo convierte en el objetivo principal para plantear soluciones que aumenten la eficiencia.

El uso de las lavadoras en las viviendas del departamento de Arauca representa más del 50% del consumo de energía eléctrica con respecto a otros equipos electrónicos que tienen un mayor uso no representan un consumo de energía tan

elevado, se deben de establecer periodos de lavado más cortos y la utilización de lavadores más eficientes, las cuales reduzcan los costos de energía en el sector residencial.

La utilización de planchas en el sector residencial es de tan solo 0.32 horas al día y representa un consumo de 16 %, este consumo es elevado considerando el tiempo de uso diario respecto a quipos que tienen un rango mayor de uso. Por esto se debe plantear soluciones para mejorar su eficiencia energética y hacer un uso racional de esta.

### **9.5. Visión energética**

A través del análisis de los diferentes Planes Energéticos Nacionales se encuentra que el futuro del sector energético está bien encaminado, pues la meta general es la implementación de una política que deberá ser capaz de lograr el abastecimiento interno y externo de energía de manera eficiente con el mínimo impacto ambiental y generar valor para las regiones y poblaciones.

De manera conjunta, busca que el servicio eléctrico sea universalizado y asequible para toda la población, incluyendo las zonas no interconectadas y alejadas de los municipios. Adicionalmente, para lograr este objetivo, se integra el término de “*energización*”, con el que se pretende llevar cualquier tipo de energía a las viviendas sin electricidad que en conjunto con la productividad mejore la calidad de vida y ayude al desarrollo regional.



## DISCUSIÓN

El uso de mapas que describen el comportamiento de las diferentes fuentes energéticas son un insumo muy importante para poder determinar la oferta del departamento. Es preciso que la información de estos mapas sea lo más actualizada y de la mejor calidad posible, en otras palabras, que los parámetros sean medidos en la mayor variedad de puntos geográficamente esparcidos de forma homogénea por todo el terreno y que en el mejor de los casos la medición se lleve a cabo en instalaciones ubicadas en tierra. Por estas características se tomó una fuente diferente para componente energético.

Para la información recopilada sobre la política pública existente es relevante destacar que durante los últimos años Colombia ha tomado cuentas en el asunto siendo partícipe en el tratado de Kioto, haciendo parte de la cumbre de las naciones unidas para el cambio climático COP21, entre otras. Aunque son realizadas para afrontar la problemática ambiental es debido a ellas que se han presentado y aprobado diferentes leyes destinadas a disminuir las emisiones de GEI mediante la utilización, desarrollo e integración de nuevas tecnologías basadas en el aprovechamiento de las fuentes energéticas renovables. De igual manera se han establecido normas que estimulan el ahorro y el uso eficiente de la energía.

De acuerdo a los datos recogidos en campo con ayuda del instrumento de recolección de información primaria otorgado por el PERS Orinoquia, fue posible determinar el tiempo de uso promedio de los diferentes dispositivos electrónicos en las viviendas de Arauca, así como también la tecnología de cada uno de ellos de modo que facilitó enormemente el análisis de la eficiencia energética desde las costumbres locales. De igual importancia, las mediciones del consumo promedio de un día tomadas con el datalogger DL160 pudo constatar y corroborar la información que se obtuvo de las encuestas.

Por otro lado, para presentar una visión más amplia sobre el uso de las energías fue clave tomar como fuente la Unidad de Planeación Minero Energética y el ministerio de minas y energías puesto que en sus documentos titulados Planes Energéticos Nacionales presentan las medidas que encaminaran el sector energético a largo plazo para cumplir el objetivo de crear una política energética que ofrezca el abastecimiento interno y externo de manera eficiente con el mínimo impacto ambiental y apoyando el desarrollo de las regiones.

## CONCLUSIONES

El componente solar con un rango de potencial de 5,00 a 5,47  $kWh/m^2-día$  y el componente hídrico que oscila de 20 a 50 MW son las fuentes de energía más óptimas para llevar a cabo la implementación de proyectos a pequeña escala en el departamento de Arauca con el fin de aumentar la energización en las áreas rurales.

La existencia de política pública que promueve la implementación y uso eficiente de la energía cuenta con muy poca participación en el departamento de Arauca, por lo que se hace un llamado de atención para que la gobernación y sus alcaldías se asocien a los diferentes planes y convenios propuestos por la UPME e IPSE que tienen como objeto aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros para la elaboración una estrategia de política pública energética aplicable que permita ligar energía con productividad.

El actual aprovechamiento de las fuentes de energía renovable en el departamento de Arauca es nulo, pues de una total de 116 proyectos en el sector energético solamente 3 emplean soluciones alternativas en los municipios de Cravo Norte y Arauca.

El uso de la energía es poco eficiente ya que existe un gran porcentaje de viviendas que aumentan drásticamente el consumo eléctrico debido a que aun emplean tecnologías obsoletas y presentan malos hábitos, como, por ejemplo, utilizar bombillos incandescentes para iluminar, el uso de televisores CRT y calentar los alimentos con hornos eléctricos. Para alcanzar un mayor nivel de eficiencia es imprescindible optar por tecnologías de alta eficiencia como los bombillos y televisores LED, así como también generar conciencia desde las diferentes entidades públicas para que desarrollen una cultura de ahorro.

El panorama de las energías renovables para Arauca exhibe una óptima perspectiva para soluciones de largo plazo, ya que se está afrontando de manera conjunta el cambio climático y la falta de cobertura de energía eléctrica en las zonas rurales, pero en medidas de corto plazo el departamento no está en su mejor momento, pues teniendo una oferta energética considerable el aprovechamiento es prácticamente cero para 5 de los 7 municipios.

## REFERENCIAS

- [1] Asamblea Nacional, «Ley de industria electrica 272,» [En línea]. Available: <http://www.ine.gob.ni/leyIndustriaElectrica.html>.
- [2] P. Correa, «En 20 años Colombia aumentó en un 15% sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero,» *El espectador*, 2016.
- [3] IDEAM, «Inventario Nacional y Departamental de Gases Efecto Invernadero - Colombia,» 2012.
- [4] Ministerio de minas y energías, Guía para elaboración de un plan de energización rural sostenible, 2015.
- [5] Fernando, «Energia Renovables,» 03 11 2015. [En línea]. Available: <http://erenovable.com/energias-renovables/>. [Último acceso: 22 02 2017].
- [6] J. Sawin, «Energias Renovables REN21,» 02 03 2016. [En línea]. Available: <https://drive.google.com/drive/folders/0B2TNY-MVGc09QWZsandpTUVQZGs>. [Último acceso: 22 02 2017].
- [7] V. G. F. M. Luz Maria Romo, «Elservier,» 07 11 2012. [En línea]. Available: <https://drive.google.com/drive/folders/0B2TNY-MVGc09QWZsandpTUVQZGs>. [Último acceso: 22 02 2017].
- [8] A. L. Vasquez, «Elservier,» 07 01 2015. [En línea]. Available: <https://drive.google.com/drive/folders/0B2TNY-MVGc09QWZsandpTUVQZGs>. [Último acceso: 22 02 2017].
- [9] O. d. P. S. Ambiental, «Panorama de las energías,» Ecuador, 2013.
- [10] J. M. Gomez, «Elservier,» 22 02 2016. [En línea]. Available: <https://drive.google.com/drive/folders/0B2TNY-MVGc09QWZsandpTUVQZGs>. [Último acceso: 22 02 2017].
- [11] UPME, «Plan de acción indicativo de eficiencia energetica 2017-2022,» Bogota, 2017.
- [12] O. d. D. H. y. D. i. Humanitario, Algunos indicadores sobre la situacion de los derechos humanos en el departamento de Arauca, 2004.

- [13] A. C. Campo, «Colombia y la crisis petrolera,» 20 Julio 2015. [En línea]. Available:  
<http://www.realinstitutoelcano.org/wps/wcm/connect/d6c21d00492c2a0796aed76a5d27331d/ARI38-2015-CalaCampo-Colombia-crisis-petrolera.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=d6c21d00492c2a0796aed76a5d27331d>.
- [14] Mininterior, Minminas, PNUD, Ecopetrol, ANH, «Diagnóstico de la conflicto social,» 2016. [En línea]. Available:  
<http://www.co.undp.org/content/dam/colombia/docs/DesarrolloHumano/Diagnostico%20de%20la%20conflictividad%20social.pdf>.
- [15] C. d. Madrid, El pretróleo el reocorrido de la energía, Madrid: E.i.S.E Domènech, S.A., 2002.
- [16] «Progrmas y actividades de educación ambiental (PAEA),» Capítulo 15 Energía del petróleo, 2012. [En línea]. Available:  
<http://comunidad.eduambiental.org/file.php/1/curso/contenidos/docpdf/capitulo15.pdf>.
- [17] «Programas y actividades de educación ambiental (PAEA),» Capitulo 14 Energía del carbón, 2012. [En línea].
- [18] Adriana, «Renovablesverdes,» 10 2010. [En línea]. Available:  
<https://www.renovablesverdes.com/el-carbon-y-sus-consecuencias-como-fuente-de-energia/>.
- [19] intef, «Proyecto newton,» Ministerio de educación, cultura y deporte, [En línea]. Available:  
[http://newton.cnice.mec.es/materiales\\_didacticos/energia/uranio.htm](http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/uranio.htm).
- [20] F. Focus-Abengoa, «Foro Transición energética y Cambio climático,» [En línea]. Available:  
<http://www.transicionenergeticaycc.org/web/es/tecnologias/energias-renovables/>.
- [21] R. A. RENAC, Energía solar fotovoltaica como fuente de energía renovable global, Puebla, Mexico.
- [22] S. d. energía, Energía solar, Buenos Aires, Argentina, 2008.

- [23] M. Energy, «Qué y cómo funciona un generador eólico,» 8 3 2016. [En línea]. Available: <http://www.maseenergy.com/que-y-como-funciona-un-generador-eolico/>.
- [24] N. Geographic, «Energía hidroeléctrica,» 5 9 2010. [En línea]. Available: <http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/lo-que-podemos-aprender-de-la-desaparicion-de-angkor-wat-causa-del-cambio-climatico>.
- [25] I. y. Greenpeace, «Biomasa,» de *Solarízate*.
- [26] Bgreenproject, «Biomasa: Conversión de energía y sistemas de parovechamiento,» 7 5 2013. [En línea]. Available: <https://bgreenproject.wordpress.com/2013/05/07/biomasa-conversion-en-energia-y-sistemas-de-aprovechamiento/>.
- [27] I. N. d. Estadística, «Consumos energéticos,» de *Panorámica de la industria 2007 - 2009*, 2010.
- [28] U. d. P. M. E. UPME, Proyección de demanda de energía eléctrica en Colombia, 2013.
- [29] C. Russell, «Strategic Industrial Energy Efficiency: Reduce Expenses, Build Revenues, and Control Risk,» *Energy Engineering*, 2003.
- [30] Olade, «Guía práctica para el ahorro y uso eficiente de energía,» *Guía práctica para el ahorro y uso eficiente de energía*, pp. 19,20,21,22, 2009.
- [31] «Circutor,» 2014. [En línea]. Available: <http://circutor.com/es/formacion/eficiencia-energetica-electrica/que-es-la-eficiencia-energetica-electrica>.
- [32] «Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia,» 2015. [En línea]. Available: [http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/Biodiesel/Anexo\\_D\\_Modelos\\_potencial\\_energetico.pdf](http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/Biodiesel/Anexo_D_Modelos_potencial_energetico.pdf).
- [33] Universidad Distrital Francisco José de Caldas, «Metodología para el cálculo de energía extraída a partir de la biomasa en el departamento de Cundinamarca,» 2016. [En línea]. Available: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3687/1/Documento%20final%20Metodología%20Potencial%20Energético%20Biomasa.pdf>.

- [34] Instituto Colombiano Agropecuario ICA , «Censo Pecuario Nacional 2016,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.ica.gov.co/getdoc/8232c0e5-be97-42bd-b07b-9cdbfb07fcac/Censos-2008.aspx>.
- [35] D. N. D. P. DNP, «Mapa Regalias,» Gobierno De Colombia, [En línea]. Available: <http://maparegalias.sgr.gov.co/proyecto/perfilproyecto/206695>. [Último acceso: 18 Octubre 2017].
- [36] A. d. bogota, «Régimen Legal de Bogotá D.C,» 27 12 2000. [En línea]. Available: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21971>. [Último acceso: 18 Octubre 2017].
- [37] C. d. c. d. cali, «Informes Económicos,» Cali, 2016.
- [38] G. Nacional, «Alcaldia De Bogota,» 05 Octubre 2001. [En línea]. Available: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4449>. [Último acceso: 18 Octubre 2017].
- [39] M. d. m. y. energía, «Ministerio de minas y energía,» 01 Junio 2010. [En línea]. Available: [http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/pdf/resolucion\\_minminas\\_180919\\_2010.pdf](http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/pdf/resolucion_minminas_180919_2010.pdf). [Último acceso: 19 Octubre 2017].
- [40] G. Nacional, «secretriassenado,» 16 Julio 2013. [En línea]. Available: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1665\\_2013.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1665_2013.html). [Último acceso: 21 Octubre 2017].
- [41] UPME, «Plan Energético Nacional: Ideario energético 2015,» 2015. [En línea]. Available: [http://www.upme.gov.co/docs/pen/pen\\_idearioenergetico2050.pdf](http://www.upme.gov.co/docs/pen/pen_idearioenergetico2050.pdf).
- [42] L. R. A. d. I. C. S. D. Javier Bonilla, «Sciencedirect,» 13 01 2017. [En línea]. Available: <https://drive.google.com/drive/folders/0B2TNY-MVGc09QWZsandpTUVQZGs>. [Último acceso: 22 02 2017].
- [43] L. M. Cardenas, «Ingenieria Investigacion y Tecnologia,» 11 07 2015. [En línea]. Available: <https://drive.google.com/drive/folders/0B2TNY-MVGc09QWZsandpTUVQZGs>. [Último acceso: 22 02 2017].

- [44] E. Cerda, «ELSERVIER,» 12 04 2015. [En línea]. Available: <https://drive.google.com/drive/folders/0B2TNY-MVGc09QWZsandpTUVQZGs>. [Último acceso: 03 03 2017].
- [45] e. y. m. División general de industria, Guía de la Energía solar, Madrid, 2006.
- [46] C. S. Aragón, «Le eficiencia energética como herramienta de gestión de costos: una aplicación para la identificación de inversiones en eficiencia energética, su evaluación económica y de riesgo,» *Revista del Instituto Intercanional de Costos*, ISSN 1646-6896, pp. 51 - 52, 2012.
- [47] C. Sánchez, «Breviario de Colombia,» de *Breviario de Colombia: una guía para todos*, René Hernández Vera, 1997.
- [48] UPME, Atlas del Potencial Hidroenergético de Colombia, Bogotá, 2015.
- [49] UPME, Atlas del potencial Hidroenergetico, 2015.
- [50] L. F. Ramírez Balaguera y D. F. Barrera Ojeda, «Potencial energético de la biomasa residual pecuaria del departamento de Cundinamarca -Colombia,» Bogotá, 2017.
- [51] Sistema de Información Eléctrico Colombiano SIEL, «Cobertura de Energía Eléctrica a 2015,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.siel.gov.co/Inicio/CoberturaDelSistemaInterconectadoNacional/ConsultasEstadisticas/tabid/81/Default.aspx>.
- [52] Y. Pachecho, «Clasificación climática de la orinoquina,» *Meteorología Colombiana*, 2001.
- [53] Mikati, «Elservier,» 06 10| 2012. [En línea]. Available: <https://drive.google.com/drive/folders/0B2TNY-MVGc09QWZsandpTUVQZGs>. [Último acceso: 22 02 2017].